

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА
ПОЛІТЕХНІКА»
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

ПАТ «УКРТЕЛЕКОМ»

КП «НВК «ІСКРА»

НВП «ХАРТРОН-ЮКОМ»

ТОВ «ІНФОКОМ ЛТД»



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ РАДІОТЕХНІКИ,
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**КОНФЕРЕНЦІЯ ПРИСВЯЧЕНА 125-РІЧЧЮ З ДНЯ ЗАСНУВАННЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Тези доповідей

ХІІ Міжнародної науково-практичної конференції
(10–12 грудня 2024 р., м. Запоріжжя)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Запоріжжя – 2024

УДК 621.37+621.39+004
С 91

Рекомендовано до видання Вченою Радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(Протокол №6 від 28.01.2025 р.)

Редакційна колегія:

Піза Д. М., д-р. техн. наук, проф., проф. каф. РТТ НУ «Запорізька політехніка»;

Малий О.Ю., канд. техн. наук, доц., зав. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка».

С91

Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (10-12 грудня 2024 р., м. Запоріжжя). [Електронний ресурс] /Електрон. дані. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 500 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-487-1

Збірник містить матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій», яка відбувалась на базі Національного університету «Запорізька політехніка» 10-12 грудня 2024 р. Представлені тези доповідей з таких основних напрямків: «Радіотехнічні та телекомунікаційні системи, інформаційні технології в проєктуванні та виробництві»; «Автоматизація, робототехніка та безпілотні технології»; «Нанoeлектроніка та інформаційно-вимірювальні технології»; «Комп'ютерні системи та мережі, безпека інформаційно-комунікаційних систем»; «Комп'ютерні науки, програмна інженерія»; «Системний аналіз та управління»; «Спеціальна секція з тематики ERASMUS+ проєктів».

УДК 621.37+621.39+004

ISBN 978-617-529-487-1

©НУ «Запорізька політехніка», 2024

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Міністерство освіти і науки України;
- Національний університет «Запорізька політехніка»;
- Харківський національний університет радіоелектроніки;
- ПАТ «Укртелеком»;
- КП НВК «Іскра»;
- НВП «ХАРТРОН-ЮКОМ»;
- ТОВ «ІНФОКОМ ЛТД».

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Максим ШИПКОВ – т.в.о. генерального директора КП «НВК «Іскра»

Віталій СІРЕНКО – керівник технічної служби Запорізької філії ПАТ «Укртелеком»

Віктор ГРЕШТА – ректор НУ «Запорізька політехніка»

Вадим ШАЛОМЄЄВ – проректор з наукової роботи НУ «Запорізька політехніка»

Наталія ФУРМАНОВА – декан факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій НУ «Запорізька політехніка»

Микола КАСЬЯН – декан факультету комп'ютерних наук і технологій НУ «Запорізька політехніка»

Равіль КУДЕРМЕТОВ – зав. каф. комп'ютерних систем та мереж НУ «Запорізька політехніка»

Галина ТАБУНЩИК – професор НУ «Запорізька політехніка»

Андрій КОРОТУН – зав. каф. інформаційної безпеки та наноелектроніки НУ «Запорізька політехніка»

Анжеліка ПАРХОМЕНКО – доцент НУ «Запорізька політехніка»

Еліна ТЕРЕЩЕНКО – в.о. зав. каф. системного аналізу та обчислювальної математики НУ «Запорізька політехніка»

Сергій САМОЙЛИК – в.о. зав. каф. радіотехніки та телекомунікацій НУ «Запорізька політехніка»

Наталя ВИСОЦЬКА – в.о. начальника НДЧ НУ «Запорізька політехніка»

Микола ЄФИМЕНКО – професор НУ «Запорізька політехніка»

Андрій ОЛІЙНИК – професор НУ «Запорізька політехніка»

Михайло ПОЛЯКОВ – професор НУ «Запорізька політехніка»

Михайло ЧОРНОБОРОДОВ – доцент НУ «Запорізька політехніка»

Дмитро ШИРОКОРАД – доцент НУ «Запорізька політехніка»

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТА ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Олександр МАЛИЙ – зав. каф. інформаційних технологій електронних засобів НУ «Запорізька політехніка»,
+380(61)7698252, kafedra_ited@zp.edu.ua

ТЕХНІЧНІ СЕКРЕТАРІ ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Станіслав ШАПТАЛА, Олександр ПРОЖЕНКО, кафедра інформаційних технологій електронних засобів НУ «Запорізька політехніка»,

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Gustavo R. ALVES – Dr., Prof. (Porto, Portugal)
Andrii BABICH - Dr. (Neu-Isenburg, Germany)
Amir ELIEZER – Prof. (Beer-Sheva, Israel)
Javier GARCIA-ZUBIA – Dr. (Bilbao, Spain)
Karsten HENKE – Dr. Ing. (Ilmenau, Germany)
Jamil ALSAYAYDEN – Ph.D. in Eng. Sc. (Malacca, Malaysia)
Vitaly LEVASHENKO – Prof. (Zilina, Slovakia)
David LUENGO – Prof. (Madrid, Spain)
Urszula MARKOWSKA-KACHMAR – Prof. (Wroclaw, Poland)
George MARKOWSKY – Prof. (Orono, USA)
Vitaliy MEZHUYEV – Prof. (Malaysia, Pahang)
Alexei SHARPANSKYKH – PhD (Delft, Holland)
Elena ZAITSEVA – Prof. (Zilina, Slovakia)
Mher MARKOSYAN – Prof. (Yerevan, Armenia)
Анна БАКУРОВА – д.е.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Володимир БАХРУШИН – д.ф.-м. н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Євгеній БОДЯНСЬКИЙ – д.т.н., проф. (Харків, Україна)
Олег ДРОБАХІН – д.ф.-м.н., проф. (Дніпро, Україна)
Валерій ДУБРОВІН – к.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Владислав ЄВСЄЄВ – д.т.н., проф. (Харків, Україна)
Леонід КАРПУКОВ – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Андрій КУПІН – д.т.н., доц. (Кривий Ріг, Україна)
Григорій КОРНІЧ – д.ф.-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Марина НОВОЖИЛОВА – д.ф.-м.н., проф. (Харків, Україна)
Валентин ПОГОСОВ – д.ф.-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Валерій СІТНІКОВ – д.т.н., проф. (Одеса, Україна)
Геннадій СНІЖНОЙ – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Сергій СУББОТІН – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)
Вадим ШКАРУПИЛО – д.т.н., доц. (Київ, Україна)
Олександр ГНАТЕНКО – к.ф.-м.н., доц., (Харків, Україна)

ЗМІСТ

1 СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІЧНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЄКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ»..... 19

Vasiuta Kostiantyn, Kazmirov Ivan. Prospects for the development of on-board radio-location systems 19

Malyi Oleksandr, Vlasenko Pavlo. The need of advanced analog video scrambling methods for mission-critical unmanned vehicles applications 22

Malyi Oleksandr, Vychuzhanina Snizhana. Research of modern directions of radio jamming..... 24

Герман Ю.В., Круліковський О.В. Розробка та використання програмного забезпечення для систем на кристалі типу SoC FPGA Cyclone V 27

Карнаух Д.М., Тягунова М.Ю. Підвищення ефективності радіоканалів зв'язку при побудові цифрових мереж систем «Інтернету речей» 29

Киричек Г.Г., Коновалова Є.А. Інтернет-магазин зі стратегією персоналізованої реклами 33

Корнієнко Л.Г., Лукашук О.В., Струцінський О.В. Формування просторово—часових радіолокаційних сигналів багаточастотними фазованими антенними решітками 35

Гліненко Л.К., Кость П.І. Розробка друкованої плати металодетектора..... 39

Красов С.О., Бугрова Т.І. Розробка засобів обстеження психіки дитини за допомогою штучного інтелекту 42

Малий О.Ю., Назаров Є.О. Розробка оптимізованого розподіленого доступу в приміщення університету 45

Тягунова М.Ю., Бобирь Д.С. Проєктування структури автоматизованої системи підбору оливи..... 47

<i>Udachyna Kateryna, Petrechuk Lina. Overview of web-oriented information systems for automation of logistics processes</i>	<i>49</i>
<i>Гладун К.В., Самойлик С.С. Зона виявлення цілей в РЛС військового призначення метрового діапазону хвиль</i>	<i>51</i>
<i>Мороз Г.В., Піза Д.М., Ковальчук Ф.К. Формування класифікованої навчальної вибірки для адаптації вагових коефіцієнтів автокомпенсатора завад</i>	<i>53</i>
<i>Чорнобородова Н.П., Чорнобородов М.П., Комінов Є.Є., Шведенко В.В. Оптимізація вагового вікна Блекмана-Херіса (-74 дБ).....</i>	<i>55</i>
<i>Kozlenko Mykola. Generation of dynamic chaotic signals using generative adversarial networks</i>	<i>58</i>
<i>Бугрова Т.І., Селюк Є.В. Друкована голографічна антена</i>	<i>61</i>
<i>Гарачук С.А., Піроженко О.О., Скидан Д.О. Реалізація супергетеродинного ЧМ-відеоприймача 5,8 ГГц на розподілених компонентах</i>	<i>64</i>
<i>Костяной П.А., Каплієнко О.О., Коротич В.М. Дослідження використання антенної решітки для запобігання спуфінгу GNSS приймачів</i>	<i>68</i>
<i>Піроженко О.О., Онищенко В.Ф., Даниленко О.С. Розробка оптимізованого SDR приймача</i>	<i>72</i>
<i>Фурманова Н.І., Мірошніченко В.В., Гура Р.О. Алгоритм автоматизованого синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі даних.....</i>	<i>76</i>
<i>Фурманова Н.І., Онуфрієв М.С., Соколов М.О. Оптимізація UHF антени для пасивної RFID мітки</i>	<i>80</i>
<i>Фурманова Н.І., Худзій Б.С, Яковенко В.В. Оптимізація топології мікросмужкового С-подібного фільтра</i>	<i>84</i>
<i>Фурманова Н.І., Деркач Д.В., Магльованний В.А. Планарні мікросмужкові антени</i>	<i>87</i>

<i>Маслов О.О., Кабак В.С.</i> Вдосконалення псевдошумових послідовностей для підвищення завадозахищеності та ефективності радіотехнічних систем	92
<i>Нагурний В. В., Малий О. Ю.</i> Оптимізація архітектури нейронної мережі для ефективної передачі медіаконтенту....	94
2 СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОБОТОТЕХНІКА ТА БЕЗПЛОТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»	96
<i>Andreiev Anton, Sotnik Svitlana.</i> Comparative analysis of robotics platform: Webots, Coppeliasim and Gazebo	96
<i>Gurin Dmitro.</i> Key features and differences between Industry 5.0 and Industry 4.0	100
<i>Баранов Є.О., Фурманова Н.І.</i> Метод навігації БПЛА в умовах відсутності GPS-сигналу на основі візуальної одометрії	103
<i>Гаврилюк А.О., Фурманова Н.І.</i> Метод підвищення завадостійкості передачі даних БПЛА на основі псевдовипадкового перемикування каналів зв'язку	108
<i>Євсєєв В. В., Голод І.В.</i> Переваги та недоліки математичних моделей інтелектуального керування мікрокліматом на виробництві з використанням кіберфізичних систем	111
<i>Левченко Д.С., Малий О.Ю.</i> Методи підвищення точності збору геопросторових даних при використанні БПЛА для задач землеустрою	115
<i>Лежньов Д.О., Рибаків К.О.</i> Методи та засоби автономної орієнтації БПЛА на місцевості в умовах придушення радіосигналу керування та відеозв'язку	119
<i>Машковський Р.А., Козлов В.В.</i> Порівняльний аналіз прошивок ESC регуляторів для безколекторних двигунів постійного струму у мультикоптерах	123

<i>Zaritskyi Oleh, Miroshnyk Andrii. A combined method for recognizing and interceping unmanned aerial vehicles using machine learning methods</i>	<i>127</i>
<i>Ситніков Т.В., Босовський В.О., Чмелевський А.М., Ситніков В.С. Корекція фази сигналів датчиків у автономній мобільній платформі</i>	<i>131</i>
<i>Баранова О.А., Миронова Н.О. Розробка та реалізація алгоритмів управління для шестиногих роботів в умовах пересіченої місцевості.....</i>	<i>134</i>
<i>Єфименко М.В., Миронова Н.О., Баранова О.А. Математична модель кутового руху твердого тіла в параметрах Родріга-Гамільтона та її властивості.....</i>	<i>136</i>
<i>Кондратенко В.Ю., Єфименко М.В., Миронова Н.О. Розробка та реалізація алгоритмів предиктивного обслуговування на основі штучного інтелекту для розумних виробничих систем</i>	<i>141</i>
<i>Кузовін Д.С., Єфименко М.В., Миронова Н.О. Розробка та реалізація алгоритмів управління роботизованими системами для медичної діагностики людини.....</i>	<i>143</i>
<i>Латинов О.В., Єфименко М.В., Миронова Н.О. Розробка та програмування безпілотних систем для моніторингу будівельного майданчика.....</i>	<i>145</i>
<i>Шевченко Т.В., Єфименко М.В., Миронова Н.О. Методи керування БПЛА за допомогою нейронних мереж</i>	<i>147</i>
<i>Гарачук С.А., Щукін О.В., Дорофеев К.О. Розробка алгоритму керування 3-ланковим мініроботом-маніпулятором.....</i>	<i>149</i>
<i>Малий С.Ю., Бровун Р.Ю. Реалізація програмної моделі GPS-приймача в середовищі Matlab</i>	<i>153</i>
<i>Tarashchych Yevhen. Automation and remote management of industrial processes.....</i>	<i>157</i>

<i>Малий О.Ю., Поспеева І.Є., Калашник О.А.</i> Розміщення компонентів на друкованій платі з використанням штучного інтелекту	159
3 СЕКЦІЯ «НАНОЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ».....	164
<i>Herasymov Serhii, Hnatenko Oleksandr.</i> Electromagnetic analysis of threshold conditions of gold film with DBR microlaser configuration.....	164
<i>Vasylenko Olga, Snizhnoi Gennadii.</i> Digital doubles as a factor of increasing product quality and production efficiency	166
<i>Гнатенко О.С., Моргул І.В., Левченко О.О.</i> Нові покоління оптоволоконних гіроскопів: від фотонних кристалічних волокон до квантових технологій	168
<i>Гнатенко О.С., Чаплигін В.С.</i> Лазери з кільцевими оптоволоконними резонаторами з модуляційним замиканням	171
<i>Курський Ю.С., Гнатенко О.С., Гнібеда А.О.</i> Інтервальні вимірювання та аналіз хаотичних режимів лазерного випромінювання при зондування простру	174
<i>Коломоєць К.Д., Погосов В.В., Коротун А.В.</i> Вплив оксиду на характеристики мемристорів	177
<i>Колузанов О.М., Осередчук Т.М., Курський Ю.С.</i> Технологія гіперспектральної візуалізації	181
<i>Комісаров Р.В., Рева В.І., Коротун А.В.</i> Термооптичні явища в металевих наночастинках різної форми	183
<i>Кривоус А.С., Сніжної Г.В., Слодовник А.І.</i> Вплив параметрів травлення пластин кремнія n-типу на глибину дифузії алюмінію та бору	188

Kutsak Serhii, Korotun Andrii, Hnatenko Oleksandr.

Determination of a periodic sequence surface impedance of the rectangular waveguides junctions..... 191

Колузанов О.М., Осередчук Т.М., Курський Ю.С. Модель розпізнавання образів на основі топологічного аналізу 195

Павлище Н.І., Яцун Є.С. Дипольна поляризованість трикутної рівнобічної металевої нанопризми..... 197

Буток О.М., Чигіль Ю.І., Рубіш В.М., Крючин А.А. Аналіз процесу вилучення залишків металевої плівки сфокусованим лазерним випромінюванням 201

Сніжної Г.В., Онищенко Д.С. Визначення питомої магнітної сприйнятливості та вмісту феромагнітних домішок у вуглецевих нанотрубках магнітометричним методом 204

Solomenko Anastasiia, Sahalianov Ihor, Radchenko Taras, Tatarenko Valentyn. Strain-caused band gap modulation in phosphorene as a promising 2d material for nanoelectronics..... 206

Точилін С.Д. Програмно-апаратний комплекс реєстрації та обробки спектрів вторинного випромінювання об'єктів дослідження..... 214

Точилін С.Д. Python-програма моделювання динамічного розсіювання світла у гетерогенній системі рідина-наночастки 216

Точилін С.Д. Програма рішення задачі комівояжера..... 218

Точилін С.Д. Java-додаток обробки даних вимірів 220

Точилін С.Д. Віртуальна лабораторна робота «визначення величини співвідношення теплоємностей c_p/c_v для газів» .. 222

Шило С.І., Коротун А.В. Підсилення фотоструму в тонкоплівкових сонячних елементах при впровадженні в напівпровідник металевих наночастинок..... 224

4 СЕКЦІЯ «КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ, БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ»	228
<i>Nelasa Hanna, Al-Khamad Nauras.</i> Analysis of post-quantum module-lattice based algorithm selected by NIST	228
<i>Брюхов Б.Р., Киричек Г.Г.</i> Багатофакторна автентифікація та шифрування в бездротових мережах	231
<i>Бутко В.О., Куликовська Н.А.</i> Моделювання онтології для предметної області проєктування FPGA	234
<i>Воскобойник В.О., Савченко Ю. В., Семеренко П.О.</i> Застосування штучного інтелекту у багатофакторній автентифікації	237
<i>Голуб Т.В., Зеленцова І.Я., Домашенко С.В., Штепа І.А.</i> Штучний інтелект як сучасний інструмент в освіті	240
<i>Дорош А.С., Грушко С.С.</i> Кодування даних в телекомунікаційних системах з підвищеною енергоефективністю	244
<i>Дубровін В.І., Дейнега Л.Ю., Горпініч І.О.</i> Програмна реалізація метода виявлення атак у мережах за допомогою ентропії	247
<i>Дьячук Т.С.</i> Система автоматизованої перевірки завдань для навчальних курсів з програмування	250
<i>Неласа Г.В., Зайцева А.О., Дубровін В.І., Ковальов І. Є.</i> Квантова реалізація вейвлет-перетворення Добеши	253
<i>Ігнатюла П.В., Різак М.В.</i> Аналіз ризиків і загроз конфіденційності в розумних містах, керованих даними	257
<i>Калініченко І.В., Грушко С.С.</i> Особливості використання IoT систем для моніторингу параметрів води для аквакультури	260

<i>Степаненко О.О., Тіменко А.В., Карнаух Д.М.</i> Дослідження методів комбінованого керування системами розумного будинку	263
<i>Куліков Д.О., Козіна Г.Л.</i> Вибір контейнера для стеганографічної передачі зображення	266
<i>Костенко В.О., Власов Д.О.</i> Організація банківських опорних пунктів в умовах дефіциту енергопостачання	267
<i>Kudermetov Ravil, Polska Olga, Shkarupylo Vadym, Shcherbak Natalia.</i> An approach to evaluation reliability of MCDM methods	269
<i>Куликовська Н.А., Тіменко А.В., Долинний І.С., Кухар М.В.</i> Дослідження ефективності методу ізоляційного лісу для виявлення аномалій в даних IoT-систем моніторингу навколишнього середовища	273
<i>Куликовська Н.А., Тіменко А.В., Пестов О.Д., Кичак А.А.</i> Дослідження моделі класифікації енергоефективності будівель на основі даних енергетичних сертифікатів	276
<i>Куликовська Н.А., Тіменко А.В., Трохимчук В.Є., Тіменко К.І.</i> Порівняльний аналіз ефективності методів NLTK та TextBlob для аналізу тональності україномовних текстів	280
<i>Лізунов С.І., Верещака М.П., Філобок Є.В.</i> Методи протидії вірусам на основі штучного інтелекту	283
<i>Лізунов С.І., Макаренко Є.С., Заїка Д.В.</i> Захист мовної інформації	286
<i>Лізунов С.І., Філобок Є.В., Верещака М.П.</i> Застосування комплексних систем моніторингу IT-інфраструктури	289
<i>Неласа Г.В., Самойлик С.С., Неласий О.В.</i> Дослідження сучасних напрямків розробки протоколів консенсусу в технології блокчейн	292

<i>Піківець Г.М., Корольков Р.Ю. Забезпечення анонімності аналітиків під час OSINT-розслідувань.....</i>	<i>295</i>
<i>Пономаренко Є. О., Неласа Г. В. Аналіз можливостей використання ізогеній гіпереліптичні кривих другого роду у криптографічних протоколах</i>	<i>299</i>
<i>Савченко Ю. В., Воскобойник В.О., Сумовський О.М. Методи оцінювання функційної безпечності критичних інфраструктур</i>	<i>301</i>
<i>Шаптала С.В., Воскобойник В.О. Цифрові двійники у проактивному виявленні та реагуванні на кіберзагрози в телекомунікаційних системах підприємства</i>	<i>305</i>
<i>Сгадов С.О. Система імітації бою з використанням технологій ІЧ та RF-зв'язку</i>	<i>307</i>
<i>Чобаль О.І., Чобаль І.В., Різак М.В., Петришинець І., Трикур І.І., Різак В.М. Акустооптичні пристрої на основі кристалів $Li_2B_4O_7$ та $LiKB_4O_7$ для безпечної передачі інформації в FSO мережах.....</i>	<i>310</i>
<i>Тягунова М.Ю., Бицюта К.В. Використання чат-бота в інформаційній системі автошколи</i>	<i>313</i>
<i>Храпко А.С., Зеленцова І.Я., Голуб Т.В. Алгоритм візуалізації рухів робота-маніпулятора</i>	<i>315</i>
<i>Чепіга В.С. Застосування методу головних компонент для аналізу аномалій в мережевому трафіку</i>	<i>319</i>
<i>Корченко А.О., Климець Ю.А. Смарт контракт для цифрової монети в децентралізованій екосистемі</i>	<i>321</i>
5 СЕКЦІЯ «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ, ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ».....	323
<i>Bukhanovskyi Volodymyr, Ryabova Nataliya. Transfer learning methods in computer vision.....</i>	<i>323</i>

<i>Didenko Andrii, Oliinyk Andrii, Subbotin Serhii. Problems and recent advancements in efficient image super-resolution.....</i>	326
<i>Didenko Artem, Subbotin Serhii. Deep Learning-Based Fault Diagnosis in Rotating Machinery</i>	328
<i>Соколова Є.В., Артьомов А.І. Аналіз перспектив вивчення сучасних мов програмування</i>	330
<i>Bakhrushyn Oleksii. Open databases for the research of education statistics using AI techniques.....</i>	334
<i>Березоручька О.В., Вичужанін В.В. Розробка NoSQL бази даних для СППР управління програмними проєктами.....</i>	335
<i>Бойко М.В. Метод збереження зникаючих повідомлень на телефонах на базі операційної системи Android.....</i>	338
<i>Волков А.Ф., Ярощук Р.В. Розробка алгоритму ідентифікації типу повітряних цілей на основі нечіткої логіки та фільтра Калмана.....</i>	341
<i>Гардиш Д.О., Кліменко В.І., Мазурець О.В. Підхід до аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови.....</i>	344
<i>Жуков О.О., Горбенко В.І. Ідентифікація стану вулика за допомогою LSTM мереж та аналізу часових рядів</i>	348
<i>Kvitkovskiy Ivan, Altukhova Tatiana. Modelling the process of threats attack on information system using Petri nets</i>	350
<i>Крук Р.А., Жуковська Н.А. Виявлення критичних точок робочих процесів системи управління вимогами Agile проєкту в контексті проблем якості вимог до ПЗ</i>	354
<i>Колесник С.Є., Ковальов С.О. Інтеграція сенсорів та алгоритмів машинного навчання для аудіодетекції БПЛА ..</i>	358
<i>Краснюк М.Т., Баков Н.В. Глибокі нейронні мережі у Web-дизайні</i>	362

<i>Вім Р.В., Мазурець О.В.</i> Виявлення цільових об'єктів предметної області у текстовому контенті засобами машинного навчання	366
<i>Молчанова М.О.</i> Нейромережеве виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних із візуальною аналітикою	369
<i>Monia Andrii.</i> Calculation of optimal amplitude of oscillations and number of periods of sinusoid at pulsating brake torque using «Wolfram Mathematica» program	373
<i>Нечволода Л.В., Крикуненко К.М., Єнєнков М.Р.</i> Розробка мобільного додатку для нормалізації ваги людини	375
<i>Нечволода Л.В., Крикуненко К.М., Унегов А.В.</i> Дослідження можливостей кластерного аналізу у формуванні автоматизованих рішень кольорового оформлення для веб-інтерфейсів	378
<i>Овчарук О.М., Мазурець О.В.</i> Метод нейромережевого виявлення ознак психічних розладів людини за аналізом її дописів	380
<i>Подковаліхіна О.О., Шаповал М.О.</i> Діагностика глаукоми за допомогою кластерного аналізу	383
<i>Подковаліхіна О.О., Щербина Д.С.</i> Діагностика катаракти методом статистичного аналізу	387
<i>Подковаліхіна О.О., Гребінець О.В.</i> Діагностика катаракти методом кластерного аналізу	391
<i>Подковаліхіна О.О., Скорик С.С.</i> Діагностика глаукоми за допомогою статистичного аналізу	393
<i>Дубровін В.І., Дейнега Л.Ю., Польська Є.А.</i> Система моніторингу зносу різального інструменту за допомогою вейвлет-перетворення	396

<i>Rudenko Maksym, Sotnik Svitlana. Overview of approaches to scaling relational databases in development and adaptation of web applications</i>	<i>398</i>
<i>Собко О.В. Метод аналізу та формування репрезентативних датасетів для виявлення кіберзалякувань у текстовому контенті.....</i>	<i>402</i>
<i>Тарасов О.Ф., Алтухов О.В., Васильєва Л.В. Ядро системи моделювання процесів інтенсивної пластичної деформації</i>	<i>406</i>
<i>Удовенко С.Г., Затхей В.А., Тесленко О.В. Технологія тестування веб-сайтів з використанням тестового фреймворку SITE-M</i>	<i>408</i>
<i>Kharytonov Danylo. Ethics in data science: balancing innovation with responsibility</i>	<i>411</i>
<i>Ховрат А.В., Кобзєв В.Г. Двошарова модель класифікацій сфабрикованих даних в соціально орієнтованих системах ..</i>	<i>414</i>
<i>Чала Л.Е., Черкасов М.М. Розробка алгоритмів машинного навчання для ефективного управління особистими фінансами</i>	<i>418</i>
<i>Чорний К.П., Горбенко В.І. Розробка бібліотеки для оптимізації обробки великих даних на платформі Apache Spark мовою Java</i>	<i>421</i>
<i>Слинько А.А., Мисник Б.В. Оптимізація медичних комунікаційних систем через впровадження відеозв'язку ...</i>	<i>424</i>
6 СЕКЦІЯ «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА УПРАВЛІННЯ»	426
<i>Бакурова А.В., Білий В.В. Організація аналізу багатовимірних даних в системі фіксації руйнувань внаслідок російської агресії</i>	<i>426</i>
<i>Гринченко П.В., Бакурова А.В., Зарицький О.В., Терещенко Е.В., Широкопад Д.В. Оцінка наслідків вразливостей в мережевих системах</i>	<i>429</i>

<i>Гріцкевич А.А.</i> Визначення аномальної поведінки суб'єктів у великих ІТ-структурах	433
<i>Домашенко Д.Г.</i> Ефективне управління замовленнями через впровадження ІІІ-технологій.....	437
<i>Домашенко С.В., Морозов Д.М., Гнєздовський О.В.</i> Штучний інтелект у HR-аналітиці: рішення для прогнозування плинності кадрів	441
<i>Омельяненко І.О.</i> Компаративний аналіз інструментів для створення графових баз даних.....	446
<i>Савранська А.В., Шевчук М.В.</i> Прогнозування продажів з використанням рядів Фур'є та сірих моделей	450
<i>Семенюта М.Ф., Якименко С.М., Соловійов М.А.</i> Системний підхід до аналізу інцидентів в авіації: ARIMA-модель для довгострокових спостережень	454
<i>Семенюта М.Ф., Осадчий С.І., Чесак О.</i> Системний підхід до моніторингу територій з використанням рою БПЛА	459
<i>Serhieiev Oleksii, Us Svitlana.</i> Evaluating evolutionary approaches for the two-stage location-activation problem	464
<i>Смішко О.А.</i> Дослідження множини альтернатив проєктів управління грошовими потоками.....	468
<i>Денисенко О.І., Земляна А.В.</i> Чисельне моделювання теплофізичних характеристик склопакетів	472
<i>Жуковський Д.М.</i> Прогнозування показників ефективності інтернет реклами в соціальних мережах	475
7 СЕКЦІЯ «СПЕЦІАЛЬНА СЕКЦІЯ З ТЕМАТИКИ ERASMUS+ ПРОЄКТІВ».....	479
<i>Горіченко Ю.Є., Поздняков О.А., Пархоменко А.В.</i> Дослідження та практична реалізація інструментів збору метеорологічних даних для підвищення точності	

прогнозування генерації електроенергії з альтернативних джерел	479
<i>Карнаух В.Д., Соколянський О.В., Пархоменко А.В., Пархоменко І.А.</i> Дослідження та програмна реалізація платформи для розробки віртуальної лабораторії.....	481
<i>Миронова Н.О.</i> Цифровий портал проєкту WORK4CE та доступ до освітніх ресурсів	483
<i>Табунчик Г.В., Лавренко В.А.</i> Надійність як один з ключових критеріїв сучасних систем прийняття рішень.....	485
<i>Селіванов М.В., Пархоменко А.В.</i> Дослідження особливостей реалізації вебпорталу Smart City запоріжжя	487
<i>Кузькін О.Ф., Райда І.М.</i> Ключові компетентності фахівця у транспортній галузі для успішної роботи в епоху цифрових трансформацій.....	489
<i>Довгаль Д.Ф., Миронова Н.О., Пархоменко А.В.</i> Дослідження та програмна реалізація системи визначення об'єктів для наземного дрону.....	491
<i>Поздняков О.А., Пархоменко А.В.</i> Міграція користувацького програмного забезпечення при інтелектуальному реінжинірингу складних комп'ютерних систем.....	493
<i>Туленков А.В., Пархоменко А.В.</i> Дослідження та реалізація технології LORA для цифрової платформи Зеленого університету	495
<i>Яценко А.К., Пархоменко А.В., Туленков А.В., Пархоменко І.А.</i> Методи виявлення та класифікації безпілотних літальних апаратів на основі обробки акустичних даних	497

1 СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІЧНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЄКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ»

УДК 621.396.965

Vasiuta Kostiantyn¹, Kazmirov Ivan²

1 Deputy Head in Science of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force
University, Professor, Doctor of Engineering Science

2 Post-Graduate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ON-BOARD RADIO- LOCATION SYSTEMS

The report outlines the main characteristics of modern on-board radar systems and defines the development directions of future on-board radars. Airborne radar systems are highly technological due to high-quality standards and limited space on board an aircraft. Modern fighters such as the F-22 and F-35 are equipped with an adaptive airborne radar system with a low probability of interception (LPI). Such radars use a special radiated waveform designed to prevent interception and detection of its radiation. For example, the AN/APG-77 radar is an advanced multi-mode tactical radar for the F-22 fighter jet built by Northrop Grumman with Raytheon. Thanks to such an adaptive radar, the F-22 aircraft can detect air targets in such a way that the exposure warning system of these aircraft with a high probability will not detect the fact of their exposure. The AN/APG-77 radar emits pulses of low power in a wide frequency range. The emitter changes the frequency and power level after each pulse so that no two pulses are identical. When multiple reflected signals are sent back to the radar, the signal processor converts the signals together rather than individually. The radar is equipped with an active electronically scanned array, which contains 2000 transmission and reception modules. The active array provides fast frequency change, low detectable effective target scattering area, flexible beam control, and wide bandwidth characteristics of LPI radars [1]. The next generation of the F-22 radar is the AN/APG-81 radar installed on the F-35 fighter.

The airborne radar system AN/APG-81 and its upgraded version AN/APG-85, which also uses LPI technology in operation, are advanced developments of Northrop Grumman Electronic Systems. The active electronically scanned array of these radars has 1,676 receiving and transmitting modules with solid-state high-frequency amplifiers based on gallium arsenide (GaAs). The team that created the AN/APG-81 radar received the David Packard Excellence in Acquisition Award in 2010 for the effectiveness of operation under conditions of radio-electronic interference. In January 2023, it was reported that the AN/APG-81 radar on F-35

fighters would be replaced in the future with the newer AN/APG-85 radar, which is scheduled to go into production in 2025. The AN/APG-85 is designed to be easily integrated with other aircraft systems, including electronic warfare systems, weapons control systems, and communications systems, ensuring full integration with the aircraft's overall systems. [2-3].

Over the past decade, the next step in the evolution of LPI radars, called cognitive radars, has taken shape. It is a radar system that in a sense displays intelligent data, adapting its operation and signal processing in response to changing environments and circumstances. Like LPI radars, cognitive radars also change the power and frequency of the signal for stealth and adaptation to environmental influences (operation of radio-electronic suppression of the enemy or interference of the underlying surface when irradiating ground targets). Compared to adaptive radar, cognitive radar learns to adapt operating parameters as well as processing parameters and can do so over a long period [4]. That is, unlike LPI radars, cognitive radars not only adapt the frequency of the emitted signal but can also change the shape of the signal and “learn from mistakes”, because cognitive radars can have several types of memory, which, acting together, allow the radar to predict the consequences of the actions taken by the radar as a whole.

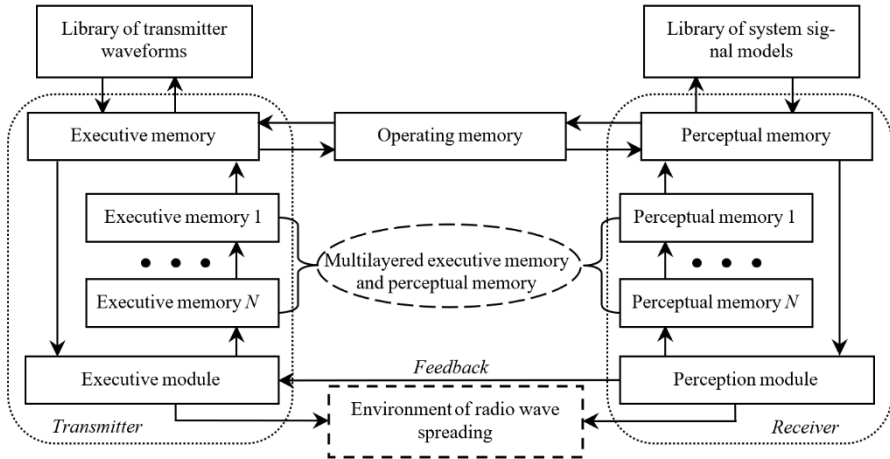


Figure 1 – Functional scheme of the on-board cognitive radar with memory [5-6]

In the perception-action cycle, which is the basis for the work of every dynamic cognitive system, three types of memory are distinguished:

- memory of perception (information from the input of the receiver) which is a constituent part of the receiver;

- executive memory, which is a constituent part of the transmitter;
- operating memory, which combines executive memory with memory of perception.

The functional diagram shown in Figure 1 is a simplified structure of cognitive radar with memory, cognitive properties arise with different types of memory. The multi-layered memory of perception stores knowledge based on experience gained in the process of learning from changes in the environment, that is, the content of the memory is constantly changing as a result of environmental influences, for example, troublemakers. Multilayered executive memory uses previously acquired knowledge stored in perceptual memory to shape a response to a change in the environment. Also, it is no less important that the correction of multilayer memory is performed with the help of feedback through the operating memory since errors occur over time when accumulating information in multilayer memory [5-6].

Thus, in the construction of promising on-board cognitive radars, it is proposed to use: a cognitive approach to the formation of radar signals, a signal processor, the use of several types of memory, solid-state high-frequency amplifiers for the output amplification of the transmitter signal, and the use of neural networks, for example, convolutional networks, which are used for image analysis [7]. The concept of cognitive radars is promising in synthesizing airborne radars for gaining superiority in airspace, effectively detecting air and ground targets, and tracking targets using the intellectual and training properties of cognitive radars.

REFERENCES

1. Pace P. E. Detecting and classifying low probability of intercept radar. – Artech house, 2009 – p. 893.
2. Northrop Grumman Developing the Next Generation Radar for the F-35 Lightning II. *Northrop Grumman Newsroom*. URL: <https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-developing-the-next-generation-radar-for-the-f-35-lightning-ii>.
3. AN/APG-81 Active Electronically Scanned Array (AESA). Northrop Grumman. *Northrop Grumman*. URL: <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/an-apg-81-active-electronically-scanned-array-aesa-fire-control-radar>.
4. “IEEE Standard for Radar Definitions” in IEEE Std 686-2017, 2017. – p.15. DOI: 10.1109/IEEESTD.2017.8048479
5. Haykin S. Cognitive dynamic systems: perception-action cycle, radar and radio. – Cambridge University Press, 2012. – p. 332. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511818363>.

6. Guerri J. R. Cognitive radar: A knowledge-aided fully adaptive approach. IEEE Radar Conference. – IEEE, 2010. – pp. 1365-1370. DOI: 10.1109/RADAR.2010.5494403

7. S.Z. Gurbuz, S. Bruggenwirth, T. Reininger, A.C. Gurbuz, G.E. Smith. The role of neural networks in cognitive radar. – Next-generation cognitive radar systems, 2023. – p. 371-419. https://doi.org/10.1049/SBRA552E_ch12.

УДК 621.391

Malyi Oleksandr¹, Vlasenko Pavlo²

¹ PhD (Technical Science), associate professor NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

² PhD student NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

THE NEED OF ADVANCED ANALOG VIDEO SCRAMBLING METHODS FOR MISSION-CRITICAL UNMANNED VEHICLES APPLICATIONS

Unmanned Vehicles are becoming an indispensable tool for critical military operations, both on land, sea and air. Robust and secure real-time video transmission used in these vehicles is fundamental to mission success and safety of the operators. While digital video transmission systems offer high security and image quality, they also have high prices, limited range and can introduce latencies in the video feed, making analog video systems still a relevant option for mission-critical applications because of their:

Low latency: Crucial for real-time decision-making in high-stakes scenarios.

Simplicity and resilience: Superior performance in environments with high interference or weak signal conditions.

Low cost and availability: Can cost a fraction of a similar digital video system, with significantly more options already available in the market to choose from.

However, analog video systems are inherently insecure due to unencrypted transmissions, making them vulnerable to interception and exploitation, thus putting at risk both mission success and personal safety. Existing scrambling methods modify the signal in a way that renders it unintelligible without a compatible decoder, these methods include:

Line and Field Inversion: reverses the polarity of video signal creating a distorted image.

Frequency Shifting: video signal's frequency components (luminance and/or chrominance) are shifted from their original positions to new, offset positions.

Phase Modulation: introduces a phase shift to the luminance/chrominance or syn pulse signals, disrupting synchronization in unauthorized receivers.

Chaotic scrambling: scrambling technique that employs the principles of chaos theory to introduce unpredictable and seemingly random changes to the video signal.

Operating environment onboard unmanned vehicles also offers a number of challenges for such systems, such as:

Signal quality and integrity: for unmanned vehicles operation signal quality is critical for control and situational awareness. Scrambling can degrade the signal's visual quality, which can cause problems in low-bandwidth conditions. For example line and field inversion methods can reduce signal clarity especially in high-noise environments.

Synchronization complexity: accurate synchronization is crucial for scrambled signals, and any misalignment can lead to video decoding failures.

Resilience to Noise and Interference: unmanned vehicles often used in environments with high levels of electromagnetic interference, which complicates the scrambling and descrambling process. Interference may lead to loss of synchronization or introduce noise making the video feed unreliable.

Bandwidth and latency constraints: video scrambling requires additional bandwidth to carry synchronization data. In unmanned vehicles, where bandwidth is often limited, scrambling can increase latency as the signal is processed, transmitted and decoded.

Hardware constraints: size and weight constraints, limited computational and power resources available on most unmanned vehicles, especially in smaller battery-operated models.

While digital systems dominate modern video transmission, analog video remains relevant in specific contexts where cost, simplicity, or latency are priorities. Developing new analog video scrambling methods that can enhance security, improve efficiency, and address real-world challenges in these applications. It also provides an opportunity to innovate, making it a valuable and viable research topic.

REFERENCES

1. N. J. Corron, B. R. Reed, J. N. Blakely, K. Myneni and S. D. Pethel, Chaotic scrambling for wireless analog video. IEEE Southeastcon 2009, pages 38-43
2. Hadjadj, M., Sadoudi, S., Azzaz, M., Bendecheche, H., & Kaibou, R. (2022). A new hardware architecture of lightweight and efficient real-time video chaos-based encryption algorithm. *Journal of Real-Time Image Processing*, 19(6), pages 1049-1062.
3. Zhang, B., & Liu, L. (2023). Chaos-Based Image Encryption: Review, Application, and Challenges. *Mathematics*, 11(11), page 2585.

4. Abuelma'atti, Muhammad & Al Nafisah, Abdullah. (2019). A Memristor-based Chaotic-masking for Analog Spread Spectrum Communication. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 14. pages 966-971.

УДК 621.396

Malyi Oleksandr¹, Vychuzhanina S.A.²

¹ PhD (Technical Science), associate professor NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

² PhD student NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

RESEARCH OF MODERN DIRECTIONS OF RADIO JAMMING

Radio jamming is the deliberate blocking of or interference with wireless communications. Noise interference is often used to suppress the channels of radar stations. Usually, this interference is used in combination with other types of interference: diverting, intermittent (flickering), imitating, signal-like and others. During the creation of signal-like interference, the active jamming station emits an additive mixture consisting of the simulating interference $s_s(t)$ and the masking component $s_m(t)$

$$s_i(t) = s_s(t) + s_m(t) \quad (1.1)$$

Such interferences are called combined simulating and masking interferences (CSM-interference).

The masking component $s_m(t)$ in the form of noise is added to the signal (1.1) to complicate the recognition of the simulating interference on the receiving side in a suppressed radar station. This is due to the fact that during the formation of simulating interference, it is not always possible to reliably «fake» a useful signal. Therefore, the noise component is also included in the structure of interference, which complicates the operation of devices for recognition and selection of simulating interference. The portion of masking additive $s_m(t)$ is small and strictly dosed. This is necessary in order to prevent the possibility of switching the automatic tracking system by direction, for example, to tracking a source of noise interference.

The formation of the simulating component of CSM-interference jamming takes place in active jamming stations by means of amplitude, phase and frequency modulation of the reconstructed signal of the radar station. In order to obtain the maximum effect from the effect of CSM-interference, the envelope of the noise component, which can also be formed using the reconstructed signal, should ensure the creation of masking interference with the greatest masking properties in the space of the information parameter of the signal of the suppressed radar station.

When such a parameter is amplitude, the largest uncertainty is provided by intentional interference such as white or quasi-harmonic noise

$$s_m(t) = s_m(t) \cos[\omega_c t + \psi_n(t)]$$

whose envelope has the Rayleigh distribution

$$\rho(s_m) = \frac{s_m}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{s_m^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1.2)$$

where $s_m \geq 0$; σ – the root mean square value of the signal amplitude.

Therefore, the device for forming the interference envelope must form a digital image of the envelope $s_{md}(t)$ in the form of a sequence of numbers whose values correspond to the (1.2). In a digital device for storing and reproducing signals, distribution (1.2) can be implemented using a random number generator.

Since the simulating interference is emitted from one strictly fixed point, in which the antenna of the active jamming station is located, the distribution of the masking noise envelope according to (1.2) contributes, in addition to masking the simulating interference, to the creation of the effect of signal re-reflection by a collection of a large number of bright points. Such a set serves as a good statistical model for describing the effective scattering surface of a complex target, which is used in the processing algorithms of modern radar stations for signal detection and recognition.

A high degree of immunity to modern radio-electronic devices for various purposes is achieved primarily by the use of radio signals with complex frequency and phase modulation in combination with adaptive control of the power of the emitted signals. A clear example of such signals is complex frequency-modulated and phase-manipulated signals used in radar, radio navigation, and communication devices to increase the stealth of operation.

The use of radio signals with complex modulation, especially such as pseudo-random pulse sequences, has significantly reduced the effectiveness of suppression of radio electronic means by traditional noise and simple impulse interference. This prompted the development of a new direction of suppression of radio-electronic means, based on the use of signal-like interference. A distinctive feature of such interference is that their phase-frequency-time, spatial and polarization structure is practically no different from the similar structure of even the most complex radio signals of suppressed radio electronic means.

A prerequisite for the creation of highly effective signal-like interference is a detailed investigation of the signal structure of radio electronic devices, memorization of their information and associated parameters with the aim of subsequent reproduction at specified time intervals of corresponding copies of the output radio signals endowed with the necessary interference modulation. In modern active jamming station, this difficult task is most effectively solved with the help of two-channel amplitude-phase digital devices for memorizing and

reproducing signals. These devices allow to memorize the structure of any radio signals with a specified accuracy and reproduce it with a high degree of reliability at the right time, regardless of the type and complexity of the laws of amplitude and phase modulation of the output signal.

Despite the use of wide-band types of modulation, the radio signals used today are still mostly narrow-band, that is, quasi-harmonic.

A narrowband signal can be represented as the sum of two quadrature components:

$$s_c(t) = s_{cs}(t) + s_{ss}(t), \quad (1.3)$$

where

$$\begin{aligned} s_{cs}(t) &= s_{cs}(t) \cos \omega_0 t, \\ s_{ss}(t) &= s_{ss}(t) \sin \omega_0(t). \end{aligned}$$

In practice, in a digital device for memorizing and reproducing signals, the selection of quadrature components $s_{cs}(t)$ and $s_{ss}(t)$ occurs in the process of transferring the spectrum of the input radio signal $s_c(t)$ to the low-frequency region - to the frequency range of ± 125 MHz during theoretical consideration or in band 0...250 MHz in reality. For this transfer, two balanced mixers (multipliers) are used, which receive mutually orthogonal high-frequency $\omega_r \approx \omega_0$ reference oscillations, shifted in phase by $\pi/2$.

Since the received signal $s_c(t)$ is high-frequency and narrow-band, it can, in addition to representation (1.3), also be written in the form

$$s_c(t) = S_c(t) \cos \psi_c(t), \quad (1.4)$$

where $S_c(t)$ and $\psi_c(t)$ are, in the general case, random functions of time describing the envelope and high-frequency phase of the signal:

$$S_c(t) = \sqrt{S_{cs}^2(t) + S_{ss}^2(t)}; \quad \psi_c(t) = \arctg \frac{S_{ss}(t)}{S_{cs}(t)}.$$

Two forms of signal notation (1.3) and (1.4) allow us to propose two schemes of its digital processing. To represent (1.3) in the case of digital processing, it is necessary to form and process discrete samples of two quadrature components $s_{cs}(t)$ and $s_{ss}(t)$ in parallel. According to (1.4), both the envelope $S_c(t)$ and the phase $\psi_c(t)$ are discretized before digital signal processing. Thus, during sampling of narrowband radio signals for their digital processing, two samples can be taken at each reference point of the time scale. From here, the possibility of two-channel processing appears.

РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ НА КРИСТАЛІ ТИПУ SOC FPGA CYCLONE V

У даній роботі розглядається розробка та використання програмного забезпечення (ПЗ) для взаємодії Hard Processor System (HPS) із Field-Programmable Gate Array (FPGA) на прикладі системи на кристалі (SoC) типу SoC FPGA Cyclone V. Показано переваги та обмеження використання такого ПЗ, можливості до адаптації та оптимізації систем що використовують даний підхід до обміну даними. Розробка та тестування продемонстровано на базі Arch Linux портованого на платі розробника Intel DE10-Nano, що уможливило доступ HPS до регістрів FPGA частини.

Нині системи на кристалі будуються з допомогою стандартизованих пакетів наданих розробниками цих систем, загальним ПЗ котре орієнтоване на сімейства чіпів або ж в певних випадках спеціалізованих програм котрі орієнтовані виключно на схему на яку й будується проєкт. З розвитком процесів розробки росте рівень абстракції та модульності кожної наступної системи, оскільки необхідно брати до уваги широку сферу використання SoC FPGA. Багато груп розробників фокусуються на підвищенні рівня абстракції своїх проєктів, щоби була можливість охоплення максимально можливого відсотку ринку.

Спеціалізовані ж системи відстають у процесі універсалізації лише тому, що разом із спеціалізацією йдуть жорсткі обмеження на доступні ресурси та їх використання. Проте навіть при цьому, з'являються проєкти про мінімізації ядер оперативних систем [1], дистрибутиви що орієнтовані на мінімальний рівень доступних ресурсів та програмні додатки що можуть бути модифікованими для портування на інші системи [1].

Загальна практика зазвичай полягає у використанні вже існуючих або наданих пакетів ПЗ для роботи із шинами та/або регістрами, рідше через пряме звертання до адресованої комірки пам'яті, проте даний підхід має негативний вплив на здатність системи до адаптації та модифікації під час розробки. У даному випадку, пропонований нами підхід дозволяє проводити переналаштування та модифікацію ПЗ залежно до потреб системи маючи прямий доступ до пам'яті та реалізуючи підхід memory-mapped I/O [2].

Отримуючи прямий доступ до роботи з регістрами, даний підхід абстрагує операції запису та зчитування дозволяючи значно менше залежати

від низькорівневої реалізації системи.[3] А взявши до уваги здатність модифікованого ядра Linux взаємодіяти та конфігурувати FPGA частину, гнучкість та здатність до адаптації буде вищою, що в свою чергу дозволить уникнути частини проблем пов'язаних із переносом системи на іншу SoC.

Було проведено роботу як із прямої інтеграції ПЗ в дистрибутив, так і використання його як тимчасового способу для запису та читання на місці. Використання такого підходу спрощує як роботу з динамічною частиною FPGA так і дозволяє швидко адаптуватися після зміни конфігурації FPGA частини ініційованого з простору користувача ОС.

Розроблене ПЗ здатне взаємодіяти з ПЛІС навіть після зміни конфігурації, при умові що структура даних є попередньо узгодженою, або ж ми здатні обробляти дані на вищому рівні ніж при обміні з регістрами та шинами. Це в свою чергу дозволяє не збільшувати критичну кількість ресурсів, що зарезервовані на процеси ОС та ПЗ в її просторі. Що в свою чергу позитивно впливає на ціну необхідної платформи та на ціну адаптації ПЗ до іншої. Прямий, двосторонній зв'язок ж між компонентами SoC FPGA дозволяє швидко обробляти та взаємодіяти з даними та процесами з простору користувача, в свою чергу спрощуючи роботу із створеною системою через необхідні рівні абстракції.

У подальшому, розглядається оптимізація обміну даними, робота з динамічно присвоєними адресами пам'яті та загалом адаптація до високорівневих мов програмування. В комбінації із здатністю ОС до перепрограмування FPGA частини SoC це дозволить будувати системи що здатні до швидкої адаптації та можуть бути оптимізовані без прямого та явного доступу до конфігурування FPGA. Скомпонована ж система може бути базисом для пришвидшення розробки на різних платформах, оптимізації затрачених ресурсів та підвищення доступності для розробників.

В процесі роботи було розроблено спрощену версію ПЗ для взаємодії HPS із FPGA та проведено порівняння із стандартизованими пакетами, котрі орієнтуються на специфічні платформи. Як результат ми маємо базис для створення динамічних систем що не вимагає значної кількості додаткових ресурсів та позитивно впливає на спрощення роботи з новими системами. У подальшій ж перспективі це дозволяє на вищих рівнях абстракції розробляти проекти, що в своє чергу знижує час на розробку та дозволяє швидко адаптуватися до змін в оточенні систем розробника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bare-Metal, RTOS, or Linux? Optimize Real-Time Performance with Altera SoCs. Electrical and Computer Engineering | Electrical and Computer Engineering. URL:

https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5760/DE1_SOC/wp-01245-optimize-real-time-performance-with-altera-socs.pdf

2. Snider R. K. Advanced Digital System Design using SoC FPGAs. Cham : Springer International Publishing, 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15416-4>

3. HPS SoC Boot Guide - Cyclone V SoC Development Kit Altera Altera, "HPS SoC Boot Guide - Cyclone V SoC Development Kit" Altera, 27 1 2016.

УДК 004.77, 681.1

Карнаух Д.М.¹, Тягунова М.Ю.²

¹ асп. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОКАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ПОБУДОВІ ЦИФРОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМ «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»

У сучасних містах використовуються складні інфраструктурні рішення, що містять велику кількість електронних пристроїв, датчиків та інших елементів системи «Інтернет речей», об'єднаних в мережу. Так, актуальною є проблема оптимізації адаптивного регулювання дорожнього руху на перехрестях з використанням новітніх підходів, пов'язаних із застосуванням штучного інтелекту [1]. Її розв'язання потребує використання значної кількості камер, датчиків та інших пристроїв, що сприяє більшій точності оцінки ситуації, надійності, ефективному використанню міських транспортних систем. Використання провідних з'єднань стає все більш громіздким і збільшує вартість обслуговування у разі зміни конфігурації системи. Застосування бездротових мереж передачі даних знімає ці обмеження, але вимагає забезпечення високої швидкості, надійності, перешкодозахищеності у складних умовах великої кількості перешкод в щільних міських агломераціях, промислових парках, при мінливих погодних умовах. Ідеальна телекомунікаційна мережа повинна мати здатність адаптуватися до всіх можливих змін серед поширення.

Цікавими є рішення, запропоновані у новому стандарті IEEE 802.11be (Wi-Fi 7) для бездротових локальних мереж. Технологія Wi-Fi відіграє важливу роль у наданні послуг бездротової передачі даних між камерами, датчиками та пристроями, наприклад, у сфері Інтернету речей, промислової автоматизації. Реалізація надійних рішень інтелектуального регулювання руху на перехрестях за допомогою нейронних мереж вимагає обробки у режимі реального часу відео з камер з високою роздільною здатністю і високим бітрейтом. Це накладає вимоги щодо високої пропускної спроможності каналів зв'язку та забезпечення низької затримки передачі

даних. Стандарт IEEE802.11be визначає нові режими управління доступом до середовища (MAC) і фізичного рівня (PHY) для підтримки максимальної пропускної здатності не менше 30 Гбіт/с [2]. Згідно з графіком групи IEEE 802.11be Task Group - стандарт заплановано ратифікувати у 2024 році [3].

Функції, які привертають найбільшу увагу у IEEE 802.11be:

- смуга пропускання 320 МГц,
- новий діапазон 6 ГГц,
- множинний доступ з ортогональним частотним поділом (OFDMA) – декілька клієнтів можуть спільно використати каналні ресурси, що підвищує ефективність використання спектру [4],
- 4096-QAM модуляція (в порівнянні з 1024-QAM в попередньому стандарті) - дозволяє збільшити швидкість передачі даних до 20% [5],
- багатоканальна робота (MLO) - можливість надсилати та приймати один і той самий потік даних через декілька радіоінтерфейсів, використовуючи всі доступні частотні ресурси. Основна відмінність нового стандарту полягає у можливості поєднання частотних діапазонів: частоти 2,4 ГГц, 5 ГГц і 6 ГГц об'єднуються, що робить використання всього діапазону абсолютно безшовним, бездротова мережа стає швидшою. Це дозволяє уникати нестабільних з'єднань та затримок через зовнішні перешкоди [3-4], [6], [8]. На рис. 1 показано схему багатоканального підключення.

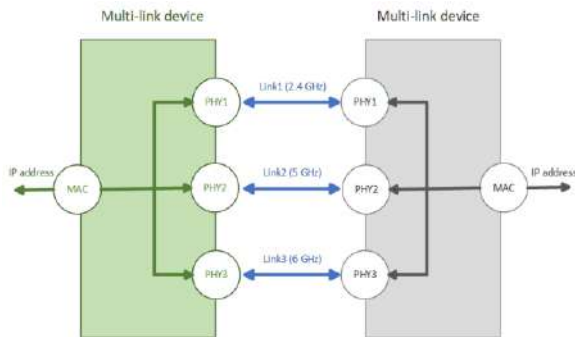


Рисунок 1 – Багатоканальна взаємодія.

- 16 потоків багатопроменевого поширення (MIMO) дозволить більш ефективно уникати колізій [6], [9-10];
- гібридний автоматичний запит (HARQ) – дозволяє об'єднувати пакети даних із кількох спроб передачі, змінювати схему модуляції, адаптуючись під якість каналу зв'язку [3], [6], [9];

- повнодіапазонний дуплекс (FD) дозволяє одночасно в одному і тому ж частотному каналі передавати та приймати дані [3].

У роботі [11] було проведено порівняння продуктивності системи в одноканальному та багатоканальних режимах. Тестові конфігурації наведено на рис. 2, результати тестування - на рис. 3.

Усі багатоканальні конфігурації показують значно вищі показники, ніж одноканальна (Case 1-1). А в поєднанні з шириною каналу 320 МГц та модуляцією 4096-QAM це дає можливість досягати пропускної здатності 30 Гб/с.

Cases	Aggregation	Link	CBW (MHz)	QAM
Case 1-1	1024 ✓	1	320 ✓	4K ✓
Case 1-2	256	2 (320 MHz for link 1 + 160 MHz for link 2) ✓	320 ✓	4K ✓
Case 1-3	256	2 (320 MHz for link 1 + 320 MHz for link 2) ✓	320 ✓	4K ✓
Case 1-4	1024 ✓	2 (160 MHz for link 1 + 160 MHz for link 2) ✓	160	4K ✓
Case 1-5	1024 ✓	2 (320 MHz for link 1 + 160 MHz for link 2) ✓	320 ✓	1K
Case 1-6	1024 ✓	2 (320 MHz for link 1 + 320 MHz for link 2) ✓	320 ✓	1K
Case 2-1	1024 ✓	2 (320 MHz for link 1 + 160 MHz for link 2) ✓	320 ✓	4K ✓
Case 2-2	1024 ✓	2 (320 MHz for link 1 + 320 MHz for link 2) ✓	320 ✓	4K ✓
Case 3	1024 ✓	3 (320 MHz for link 1 + 160 MHz for link 2 + 160 MHz for link 3) ✓	320 ✓	4K ✓

Рисунок 2 – Конфігураційні параметри

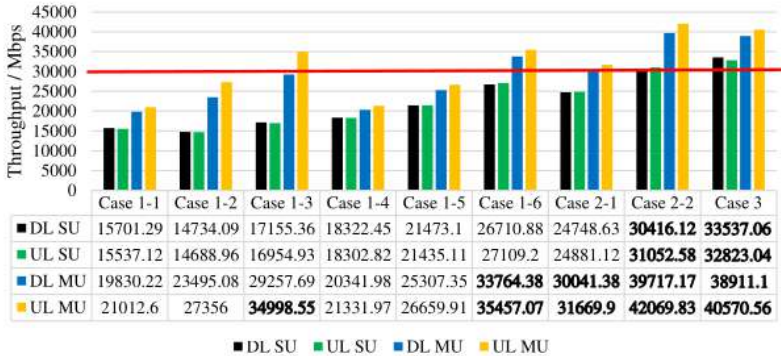


Рисунок 3 – Пропускна спроможність [11].

Збільшення кількості IoT-пристроїв, попит на високу пропускну спроможність, підвищення вимог до надійності бездротового зв'язку та необхідність цифрової трансформації промислової та соціальної інфраструктури є основними факторами зростання ринку обладнання бездротового зв'язку. Стандарт IEEE 802.11be значно підвищує стійкість, надійність, пропускну здатність бездротових каналів за рахунок

впровадження багатоканального режиму роботи, кількості просторових потоків та вдосконалених методів управління якістю обслуговування. Пристрої Wi-Fi 7 будуть використовуватися в таких областях, як «розумні міста», промисловий інтернет, медицина для підключення промислових датчиків, контролерів, роботів у рамках концепції Industry 4.0. Проте залишаються поточні проблеми:

- високі початкові витрати для обладнання;
- технічна сумісність: при розробці нових технологій необхідно буде вирішити питання сумісності з існуючими пристроями та мережами.

Загалом, майбутнє пристроїв Wi-Fi 7 є перспективним і готовим стати великим сегментом ринку бездротових мережевих технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. М.Ю. Тягунова, Д.М. Карнаух. Доцільність розробки інтелектуальних систем регулювання руху на перехрестях. Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». 2024. №1(38). DOI: 10.31474/1996-1588-2024-1-38-71-76.
2. D. Lopez-Perez, A. Garcia-Rodriguez, L. Galati-Giordano, M. Kasslin, K. Doppler. IEEE 802.11be Extremely High Throughput: The next generation of Wi-Fi technology beyond 802.11ax. IEEE Communications. 2019. Vol.57, №9, P.113-119. DOI: 10.1109/MCOM.001.1900338.
3. E. Khorov, I. Levitsky, I. F. Akyildiz. Current Status and Directions of IEEE 802.11be, the Future Wi-Fi 7. 2020. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9090146> (date access: 14.10.2024).
4. E. Avdotin, D. Bankov, E. Khorov, A. Lyakhov. Resource allocation strategies for real-time applications in Wi-Fi 7. 2020 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom). 2020. DOI: 10.1109/BlackSeaCom48709.2020.9234994.
5. A. Garcia-Rodriguez, D. López-Pérez, L. Galati-Giordano, G. Geraci. IEEE 802.11be: Wi-Fi 7 strikes back. IEEE Communications. 2021. Vol.59, №4, P.102-108.
6. A. Jeknic, E. Kocan. Development Steps that Brought to Wi-Fi 7. ETF Journal of Electrical Engineering. 2023. Vol.29, №1. DOI: <https://doi.org/10.59497/jee.v29i1.266>. URL: <https://jee.ucg.ac.me/index.php/files/article/download/266/99/311> (date access: 14.10.2024).
7. C. Chen et al. Overview and Performance Evaluation of Wi-Fi 7. IEEE Communications Standards Magazine. 2022. Vol.6, №2. DOI:10.1109/MCOMSTD.0001.2100082.
8. Á. López-Raventós, B. Bellalta. Multi-Link Operation in IEEE 802.11be WLANs. IEEE Wireless Communications. 2022. Vol.29, №4, P.94-100. DOI: 10.

1109/MWC.006.2100404. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10474403> (date access: 14.10.2024).

9. S. Chauhan, A. Sharma, S. Pandey, K. N. Rao, P. Kumar. IEEE 802.11be: A review on Wi-Fi 7 use cases. 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends Future Directions). 2021. DOI: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596344.

10. T. Adame, M. Carrascosa-Zamacois, B. Bellalta. Time-Sensitive Networking in IEEE 802.11be: On the Way to Low-Latency WiFi 7. Sensors. 2021. №21(15). URL: <https://doi.org/10.3390/s21154954> (date access 14.10.2024).

11. X. Liu, Y. Dong, Y. Li, Y. Lin, X. Yang, M. Gan. IEEE 802.11be Wi-Fi 7: Feature Summary and Performance Evaluation. arXiv. 2023. September 27. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.15951>.

УДК 004.67

Киричек Г.Г.¹, Коновалова Є.А.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-513м НУ «Запорізька політехніка»

ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИН ЗІ СТРАТЕГІСЮ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ РЕКЛАМИ

Сучасні маркетологи активно впроваджують персоналізацію як стратегічний інструмент для залучення та утримання уваги споживачів. Дослідження показують, що індивідуалізовані підходи до клієнтів можуть збільшити дохід брендів на 40% у порівнянні з компаніями, які використовують менш персоналізовані стратегії. Це зростання пояснюється здатністю персоналізації покращувати взаємодію з клієнтами, створюючи позитивні емоції та відчуття важливості для кожного покупця. Персоналізований підхід не лише допомагає залучати клієнтів, а й сприяє довгостроковій лояльності та підвищенню частоти повторних покупок, оскільки клієнти більше довіряють брендам, які їх "розуміють" [1].

У даній роботі розглянуто інтернет-магазин для продажу техніки з використанням стратегії персоналізації реклами, що дозволяє адаптувати контент і пропозиції під індивідуальні потреби користувачів. Це передбачає використання даних про поведінку покупців для формування унікальних рекомендацій і рекламних повідомлень, що підвищує ефективність продажів.

В умовах насиченості ринку персоналізація також дозволяє маркетологам ефективно виділятися серед конкурентів і адаптувати свої пропозиції під специфічні потреби клієнтів, що, в свою чергу, допомагає компаніям збільшити дохід та покращити репутацію [2]. Це робить персоналізацію необхідною складовою для бізнесів, що прагнуть залишатися

на провідних позиціях у своїй галузі та скоротити витрати на маркетинг, підвищити конверсію завдяки точним рекомендаціям і покращити досвід потенціальних покупців.

У світі жорсткої конкуренції саме клієнт стає головною рушійною силою бізнесу – його очікування та потреби диктують напрямок розвитку ринку. Маркетологи зобов'язані не тільки задовольнити ці очікування, але й перевершити їх, щоб утримати увагу і довіру споживача. Нижче наведено додаткові дані на користь використання персоналізації:

- 91% споживачів стверджують, що віддають перевагу тим брендам, які пропонують рекомендації та персоналізовані пропозиції, що відповідають їхнім інтересам;

- компанії, що активно використовують стратегію персоналізації, отримують на 40% більше прибутку завдяки більш тіснішому зв'язку з клієнтами та підвищенню конверсій;

- 60% покупців зазначають, що позитивний досвід персоналізованих покупок мотивує їх повернутися до бренду, перетворюючи їх на постійних клієнтів [3].

Унікальність розглянутого інтернет-магазину полягає в комплексному підході до персоналізації, що включає не лише адаптацію товарних рекомендацій, але й більш глибоке інтегрування аналітичних даних про клієнтів у робочу систему. Використання сучасних алгоритмів машинного навчання та аналітики великих даних дозволяє системі «навчатись» на основі поведінки користувачів: аналізувати їхні попередні покупки, час перебування на сайті, частоту відвідувань і навіть реакцію на різні типи рекламних матеріалів. Завдяки цьому інтернет-магазин створює максимально релевантні пропозиції, які відповідають поточним потребам і інтересам клієнтів.

Крім того, система адаптує головну сторінку, фільтри для пошуку товарів, розділи зі знижками і акціями, надаючи користувачу персоналізований досвід взаємодії з магазином. Наприклад, постійний покупець може побачити спеціальні знижки, налаштовані саме під його звички стосовно покупок, а новий відвідувач отримує огляд найбільш популярних товарів. Такий підхід сприяє підвищенню рівня довіри до магазину, оскільки клієнти почуваються важливими і розуміють, що отримують індивідуальне обслуговування. В результаті збільшується не тільки кількість покупок, але й частота повторних замовлень, що позитивно впливає на лояльність клієнтів і стабільний дохід компанії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. The Importance of Personalization in Marketing: A 2024 Trend. URL: <https://www.tbgdigitalmarketing.com/the-importance-of-personalization-in-marketing-a-2024-trend/>

2. The State of Personalization Report 2024. <https://segment.com/state-of-personalization-report/>

3. 6 способів використовувати персоналізацію для покращення користувацького досвіду. URL: <https://www.ranktracker.com/uk/blog/6-ways-to-leverage-personalization-to-enhance-user-experience/>

УДК 621.396

Корнієнко Л.Г.¹, Лукашук О.В.², Струцінський О.В.²

¹ проф. ХНУПС імені Івана Кожедуба, м. Харків

² доц. ХНУПС імені Івана Кожедуба, м. Харків

ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ БАГАТОЧАСТОТНИМИ ФАЗОВАНИМИ АНТЕННИМИ РЕШІТКАМИ

Розглянуті можливості синтезу багаточастотних просторово-часових сигналів (БЧПЧС) багаточастотними фазованими антенними решітками (БЧФАР) з довільним розташуванням випромінювачів шляхом узгодження збудження ФАР з частотним спектром сигналів. Проаналізовані властивості поля і способи покращення форми синтезованих імпульсів.

Ключові слова: багаточастотна ФАР, багаточастотний просторово-часовий сигнал, частотний спектр, періодична послідовність імпульсів, амплітудно-фазовий (АФР) і частотний (ЧР) розподіли.

Вступ. У БЧФАР випромінювачі збуджуються когерентними гармонічними коливаннями з різними частотами, розподіленими в рокурві за певним законом. Це дозволяє за допомогою таких антен розширити коло вирішуваних інформаційних та енергетичних задач, що сприяє підвищенню бойових спроможностей радіотехнічного озброєння [1-4]. Розглядаються, зазвичай, лінійні та плоскі ФАР. Актуальним стає питання визначення можливостей випромінювання БЧФАР з будь-яким розташуванням випромінювачів імпульсних полів заданої форми. Мета роботи полягає у визначенні методики синтезу поля БЧФАР у вигляді періодичної послідовності радіоімпульсів заданої форми, можливостей керування їх параметрами та способів корекції їх форми.

Поле БЧФАР. Поле антенної решітки з довільним розташуванням N однотипних випромінювачів (рис.1) в точці спостереження $P(r_0, \theta, \varphi)$ в дальній зоні визначається в момент часу t за узагальненим правилом множення [5]

$$\dot{\vec{E}}(P, t) = \dot{\vec{E}}_0(P, t) \dot{f}_d(P, t),$$

де $\dot{\vec{E}}_0(P, t) = \frac{\dot{\vec{E}}_0(\vec{i}_p)}{r_0} \sqrt{60 P_{\Sigma 0} D_0} \exp[j(\omega_0 t - k_0 r_0 + \varphi_0)]$ - поле центрального випромінювача з діаграмою спрямованості (ДС) $\dot{\vec{E}}_0(\vec{i}_p)$, коефіцієнтом спрямованої дії $P_{\Sigma 0}$, потужністю випромінювання

$$\dot{f}_d(P, t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \exp\{j[(\omega_n - \omega_0)t - (k_n - k_0)r_0 + k_n \vec{\rho}_n \vec{i}_p + \Phi_n]\} \quad - \quad \text{динамічний}$$

множник решітки з АФР $A_n \exp(j\Phi_n)$, ЧР ω_n , хвильовими числами k_n . Зміст інших позначень зрозумілий з рис. 1.

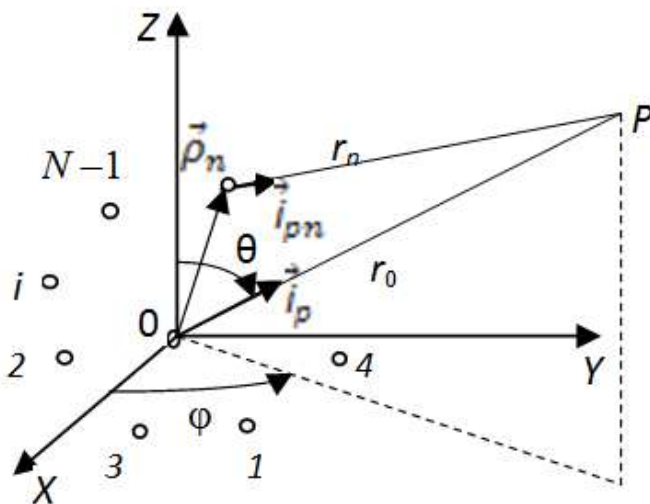


Рисунок 1 - Антенна решітка з системою координат

Нехай різниця кутових частот коливань $\omega_n - \omega_0 = n\omega$, $\omega = 2\pi f$. Тоді

$k_n - k_0 = nk$, $k = 2\pi/\lambda$. Якщо $\Phi_n = -k_n \vec{\rho}_n \vec{i}_{pm}$, то динамічний множник

$$\dot{f}_d(P, t) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \exp\{j[n\omega t - nkr_0 + k_n \vec{\rho}_n (\vec{i}_p - \vec{i}_{pm})]\},$$

який описує огинаючу БЧПЧС антенної решітки ізотропних випромінювачів, при $\omega t_i - kr_i = i2\pi, i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, в напрямку $\vec{i}_{pm}$ досягає абсолютного максимуму. Отже, на дальностях r_i в мить часу t_i гармонічні коливання на всіх частотах підсумовуються синфазно, виникає ефект просторово-часового стиснення сигналу. При $t_i = iT$ (відліковий час, $T=1/f$) максимуми динамічного множника формуються на відстанях r_i , кратних довжині хвилі $\lambda=c/f$. БЧПЧС являє собою періодичне по дальності і часу імпульсне поле, просторовим розподілом якого можна керувати шляхом управління фазовим і частотним розподілами в розкритті решітки.

Синтез періодичної послідовності прямокутних імпульсів. В радіолокації часто використовуються радіоімпульси прямокутної форми.

Відомо [6], що сигнал $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \exp(jn\omega t)$ при спектрі

$C_n = (\sin(n\pi/q)/n\pi) \exp(-jn\omega t_0)$ являє собою періодичну послідовність відеоімпульсів прямокутної форми з шпаруватістю q і часом запізнення t_0 .

Для формування в напрямку $\vec{i}_{pm}$ поля у вигляді послідовності радіоімпульсів з огинаючою прямокутної форми достатньо в динамічному множнику (2) прийняти $A_n = C_n$ і, оскільки спектр має від'ємні частоти, вибрати нумерацію випромінювачів у вигляді $-0,5(N-1) \leq n \leq 0,5(N-1)$ при їх непарній кількості.

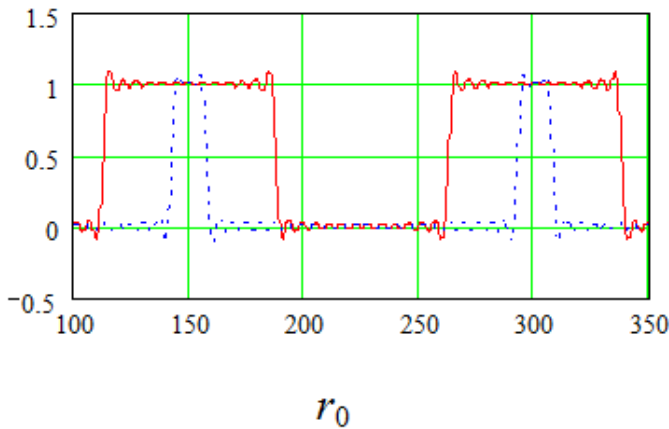


Рисунок 2 - Огинаючі БЧПЧС

На рис. 2 наведені графіки модулю динамічного множника для відлікового часу, значень $q=2$ (меандр, суцільна крива) і $q=10$ при $N=51$, $f=2\text{МГц}$ ($\lambda=150\text{м}$), $t_0=0$. Імпульси розташовані на відстанях, кратних λ , їх дальнісна ширина на рівні 0,5 складає відповідно 75м і 15м (що відповідає тривалості $2,5\cdot 10^{-7}\text{с}$ і $0,5\cdot 10^{-7}\text{с}$). Зміна шпаруватості при фіксованому періоді приводить до зміни ширини імпульсів, внаслідок зміни амплітудного розподілу. Ширина імпульсів обернено пропорційна ширині спектру Nf і не залежить від способу розташування випромінювачів, відстані між ними та розміру розкриття. Наявність відхилень від ідеальної форми обумовлена врахуванням обмеженої кількості складових спектру, яка визначається кількістю випромінювачів. При заданій кількості випромінювачів покращити форму імпульсів можна шляхом випромінювання кожним елементом решітки декілька спектральних складових. Такий підхід дозволяє також зменшити кількість елементів решітки при допустимих відхиленнях від ідеальної форми. Проведені розрахунки свідчать, що форму імпульсів, показаних на рис.2, можна отримати решіткою з $N=5$ елементів при випромінюванні центральним $n=0$ елементом 11 спектральних складових ($-5 \leq m \leq 5$), елементами $n=1, 2, 3, 4$ по 10 складових відповідно з номерами $-15 \leq m \leq -6$, $-25 \leq m \leq -16$, $6 \leq m \leq 15$, $16 \leq m \leq 25$. Загальна кількість складових спектру сигналу, що випромінюється, складає 51, як і у випадку, розглянутому на рис.2.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Antonik P., Wicks M. & Baker C. 2006 'Frequency diverse array radars' & 'Multi-Mission Multi-Mode waveform diversity' Proc. IEEE Radar Conf.'06, pp. 215-217; pp. 580-582.
2. Baizert P., Hale T. etc. 2006 'Forward-looking radar GMTI benefits using a linear FDA' Electr. Lett., vol. 42, No.22, oct.
3. Sedyshev Yu., Sedyshev P., Shevchenko A. & Tyutyunnik V 2010 'Peculiarities of using space-time MF signals for fast electronic scanning in radars with APAA' Radioelectr. and Comm. Sys. Vol. 53, No.4, pp. 173–184.
4. Корнієнко Л.Г. Параметры узкополосных пространственно-временных сигналов сфокусированных многочастотных фазированных антенных решеток со сверхбыстрым сканированием в зоне Френеля / Л.Г. Корнієнко // Системи обробки інформації.–Х.: ХУПС, 2014. – Вип.4 (120).– С.18-24.
5. Корнієнко Л.Г. Антени. Частина 1. Загальна теорія антен / Л.Г. Корнієнко, Я.С. Шифрін. – Х. : ХНУПС, 2022.–300с.
6. Баскаков С.И. радиотехнические цепи и сигналы. – М. : Высш. шк., 1988 –448с.

РОЗРОБКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ МЕТАЛОДЕТЕКТОРА

Враховуючи актуалізацію проблеми ефективного та своєчасного знаходження вибухонебезпечних предметів (ВНП) в умовах, коли багато країн вступають у конфлікт із сусідніми державами, розроблено конструкцію металодетектора, який призначений для тривалого пошуку вибухонебезпечних металевих предметів та зброї, а також для використання у повсякденному житті, так званому «хобі».

Для реалізації металодетектора обрано схему електричну принципову, запропоновану у [1]. У Pcad 2006, підбираючи елементну базу, складено електричну принципову схему (рис.1) та протрасовано її (рис.2).

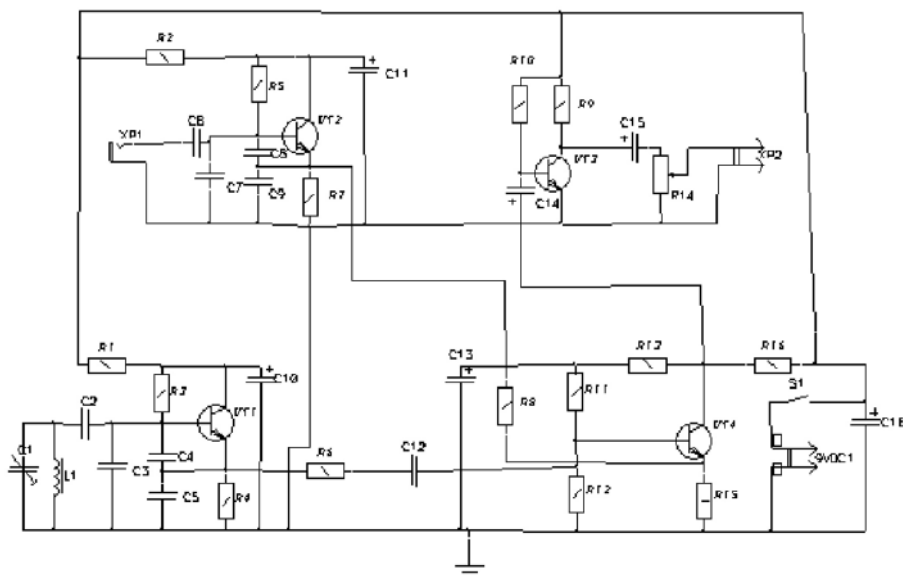


Рисунок 1 – Схема електрична принципова ([1] згідно вимог [2, 3])

Плату виготовлено комбінованим методом відповідно до ГОСТу 23752-79. Конфігурацію провідників витримано по координатній сітці з відхиленням від креслення $\pm 0,05$ мм. Здійснено заокруглення кутів

контактних площадок. Таким чином, спроектована плата в P-CAD PCB має наступні габаритні розміри: 45 x 72,5 x 1,5 мм.

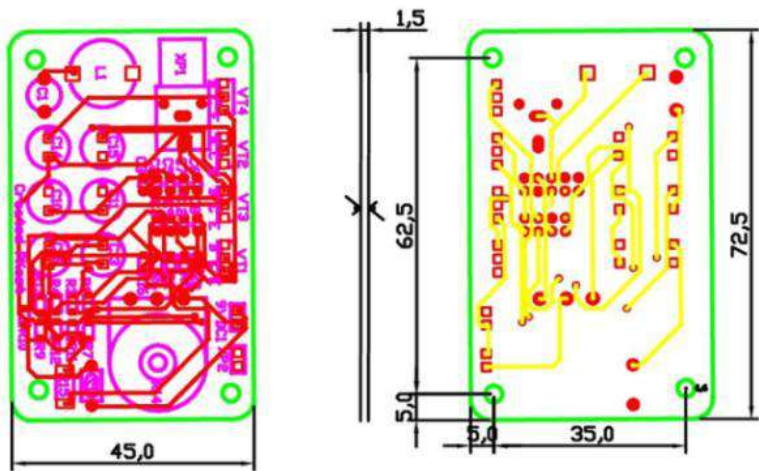


Рисунок 2 – Трасована плата в програмі P-CAD PCB.

Також було проведено розрахунок кількості отворів на платі та їх діаметри контактної площадки (табл.1). Отвори розділено на чотири групи: I – 1,1 мм; II – 1,3 мм; III – 1,6 мм; IV– 1,8 мм. На основі цього складено складальне креслення (рис. 3).

Таблиця 1 – Розраховані кількість отворів та їх діаметри і розміри контактної площадки.

Умовні позначення	Діаметри отворів, мм	Діаметр конт. пл., мм	Кількість отворів
	1,1	1,87	68
	1,3	2,07	5
	1,6	2,37	6
	1,8	2,57	2
	–	1,6x3,2	2
	–	1x1	28

Для виготовлення друкованої плати використано склотекстоліт з питомою густиною 1800 кг/м³. Площа плати становила 3262 мм². Найвищим

елементом на платі є роз'єм ХР1, враховуючи товщину плати і відстань розраховану для паяння елементів її загальна висота становить 19,0 мм. Відповідно товщина фольги рівна 50 мкм, ширина провідника 0,15 мм.

На основі розрахунку геометричних параметрів друкованого монтажу [1–2], проведено порівняння конструкційних параметрів з допустимими значеннями відстані між контактними площадками, та зроблено висновок, що проєктована плата відповідає четвертому класу точності. Встановлено, що плата є захищеною від механічних дій, оскільки розрахована межа міцності ($2,443 \cdot 10^5$ Н/м²) є меншою за допустиму межу для склотекстоліту.

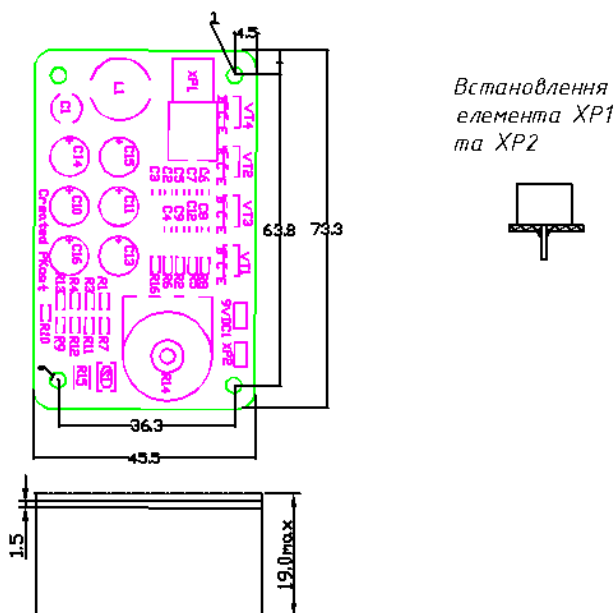


Рисунок 3 – Складальне креслення

Встановлення елементів проводили по ГОСТу 4ГОО10..30-81. Крок координатної сітки 25 мм. Елемент транзистори VT1-VT4, конденсатори C1-C16, котушка L1 та S1 встановлено по варіанту Пв згідно [1]. Решта елементів по кресленню (див. рис.3).

Дослідження надійності [4] металодетектора для визначення часу безвідмовної роботи пристрою показали, що в польових умовах, прилад буде надійним доволі довгий час [5].

Таким чином, на основі розробленого технічного завдання обрано принципову електричну схему та виконано конструкторський аналіз обраної схеми, зроблено опис функціонування та технічних характеристик схеми. Також проведено розробку конструкції друкованої плати в Pcad 2006.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розроблення конструкції електронного модуля. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисциплін “Автоматизація проектування електронних засобів”, для студентів напряму 6.091.001 Електронні апарати / укл. В. М. Фаст. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2008. – 32 с.

2. Правила виконання схеми електричної принципової радіоелектронного апарата. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисциплін “Основи проектування радіоелектронних апаратів” та “Автоматизоване проектування радіоелектронних апаратів” для студентів базового напряму 6.050902 “Радіоелектронні апарати” / укл. В. М. Фаст. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2015. – 20 с.

3. Технічна документація на електронні компоненти. URL: https://www.nutsvolts.com/magazine/article/build_a_four_transistor_metal_detector

4. Янгурський, К. І., Атаманова І. В. Аналіз надійності електронних апаратів. Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу "Основи точності та надійності електронних апаратів" для студентів напрямку 6.091 "Електронні апарати". – Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2006. – 28 с.

5. Кость П. І., Гліненко Л. К. Дослідження надійності металодетектора // Інформаційні радіотехнології та технічний захист інформації : зб. матеріалів 27-ої Міжнар. молодіж. форуму “Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті”. (м. Харків, 10-12 трав. 2023 р.). – Харків, 2023. – С. 51–52.

УДК 621.39+004.8

Красов С.О.¹, Бугрова Т.І.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ОБСТЕЖЕННЯ ПСИХІКИ ДИТИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сучасні технології навчання пропонують нові можливості для діагностики та оцінки стану психічного здоров'я дітей. Штучний інтелект

(Ш), своєю чергою, поступово впроваджується в різні аспекти життя, і психодіагностика тут не є винятком. Представлено метод обстеження психіки дитини, який поєднує в собі ігрові завдання, інтерактивне занурення та аналіз поведінки з використанням алгоритмів глибокого навчання, який орієнтований на дітей дошкільного віку і молодших школярів і може відкрити нові горизонти у виявленні когнітивних здібностей, схильностей та інтересів дітей.

Для обстеження використовується спеціально обладнана імерсивна кімната, де дитина взаємодіє з віртуальним персонажем. Цей персонаж, керований генеративним штучним інтелектом, стає «гідом» у чарівній подорожі, під час якої дитині доведеться розв'язувати логічні завдання, квести та головоломки. Ігрові ситуації дають змогу не лише виявити рівень розвитку критичного й абстрактного мислення, а й відстежувати інтереси дитини – яким завданням вона надає перевагу – творчим чи аналітичним, демонструє схильність до соціальних чи технічних аспектів.

Пропоноване рішення ґрунтується на використанні автоматизованих систем, заснованих на нейромережових технологіях, які здатні аналізувати багатомодальні дані, включно з мовленням, мімікою, жестами і поведінковими реакціями в режимі реального часу. Метод долає обмеження існуючих підходів, збільшивши точність і глибину аналізу за рахунок використання алгоритмів штучного інтелекту (Ш) для інтерпретації багатомодальних даних про поведінку дитини. Головний елемент методу – спеціально обладнана імерсивна кімната (рис.1), у якій використовуються технології проекційного відображення (projection mapping), що дають змогу занурити дитину у віртуальну реальність.

У приміщенні встановлюється три проектори серії Epson Pro L, таких моделей, як Pro L1100U/NL, Pro L1200U/NL і Pro L1505U/NL. Проектори вирізняються високою яскравістю (від 6000 до 12 000 люменів), роздільною здатністю WUXGA з функцією 4K Enhancement і застосуванням лазерного джерела світла.



Рисунок 1

Вбудовані технології калібрування зображення дають змогу синхронізувати роботу кількох проекторів, забезпечуючи створення єдиного

безшовного зображення в різних конфігураціях. Калібрування проєкційної системи виконується за допомогою проєктованої сітки на стінах та інших поверхнях кімнати (рис. 2). Це дає змогу налаштувати бажану проєкційну геометрію та масштаб зображення.

Керування візуалізацією здійснюється через рушій Cave Engine, який рендерить три вікна з грою, даючи змогу створювати інтерактивні сценарії, у яких дитина взаємодіє з віртуальним середовищем. Розраховується, що цей підхід сприяє більш природній поведінці дитини, що підвищує точність результатів діагностики.

Для взаємодії з дитиною використовується віртуальний 3D-персонаж, керований алгоритмами генеративного ШІ, який спілкується з дитиною, пропонує завдання, веде діалог і адаптується до дій дитини в реальному часі, що робить взаємодію динамічною і персоналізованою і сприймати взаємодію як частину гри [1].

Методика обробки даних заснована на глибоких алгоритмах машинного навчання, які аналізують їх широкий спектр, що надходять під час ігрової взаємодії.

Центральним елементом аналізу виступає неймережева модель LLaMA 3.1 з 7 млрд параметрів, адаптована під різні сценарії ігрової взаємодії. Для розпізнавання мовлення дитини застосовується модель Wav2Vec 2.0, яка «слухає» дитину, аналізуючи її вимову та реакцію. Ці алгоритми інтегруються з іншими моделями в єдиній екосистемі для більш точного аналізу мовлення та поведінки дитини.

Модель Wav2Vec 2.0 навчена розрізняти кілька рівнів вимови, починаючи з базового розпізнавання нечіткого мовлення і закінчуючи суворим аналізом майже ідеально вимовлених слів. Ці моделі працюють паралельно, точно оцінюючи якість мовлення дитини, виявляючи можливі мовні порушення або рівень володіння мовою. Моніторинг рухів і міміки здійснюється а допомогою неймережевої моделі OpenPose, яка відстежує пози, жести і рухи дитини в реальному часі. Для аналізу емоційних реакцій використовується модель DeerFace, яка визначає емоційні стани, такі, як радість, смуток або інтерес.

Для аналізу зібраних даних застосовується модель GRU (Gated Recurrent Unit), яка фіксує динаміку змін у психологічному стані. Міміка і рухи нормалізуються і передаються на мовну модель, таку, як GPT4.1, для фінального аналізу і формування звіту, де містяться ключові висновки про поведінку і рекомендації щодо можливих напрямків навчання та виявлених проблемних моментів. Описаний процес можна наочно побачити на схемі, що наведена на рисунку 2.



Рисунок 2

Найважливіший внесок запропонованого методу полягає в його здатності адаптуватися до індивідуальних особливостей дитини, що відкриває нові можливості для персоналізації освітніх програм і ранньої діагностики проблем. Впровадження ШІ у процес навчання та виховання на основі аналізу уподобань і здібностей робить метод більш продуктивним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Children & artificial intelligence. 2023. url: <https://digitalwellnesslab.org/research-briefs/children-artificial-intelligence/> (date of access: 03.07.2024).

УДК 681.3

Малий О.Ю.¹, Назаров Є.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька Політехніка»

² студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька Політехніка»

РОЗРОБКА ОПТИМІЗОВАНОГО РОЗПОДІЛЕНОГО ДОСТУПУ В ПРИМІЩЕННЯ УНІВЕРСИТЕТУ

Системи контролю доступу є невід'ємною частиною забезпечення безпеки приміщень, гарантуючи, що лише уповноважені особи можуть увійти в певні зони. Ці системи значно еволюціонували з часом, пройшовши шлях від простих механізмів із замком і ключем до складних цифрових рішень. Вони відіграють вирішальну роль у захисті фізичного простору від несанкціонованого доступу, допомагаючи підприємствам та установам підтримувати безпеку та керувати потоками людей.

У даному випадку систему контролю доступу буде створено на базі RFID. У даній системі контролю доступу RFID-мітки слугуватимуть електронними ключами, які надають або забороняють доступ на основі інформації, що

міститься в них. Коли користувач наближається до дверей або точки входу, обладнаної зчитувачем RFID, надання доступу відбувається в чотири кроки.

Першим кроком є власне активація мітки, а саме зчитувач випромінює електромагнітний сигнал, який активує RFID-мітку. Якщо мітка пасивна, вона отримує енергію від цього сигналу, щоб ініціювати зв'язок. Другим кроком є передача даних з цієї мітки, а саме після активації RFID-мітка передає свій унікальний ідентифікатор або іншу збережену інформацію до зчитувача. Цей ідентифікатор, як правило, є унікальним серійним номером, який присвоюється кожній мітці під час її виготовлення.

Третім кроком є обробка цих даних, а саме зчитувач фіксує передані дані та надсилає їх до внутрішньої системи, наприклад, сервера контролю доступу, після чого система звіряє ідентифікатор зі списком авторизованих користувачів.

Четвертим кроком якщо ідентифікатор RFID-мітки збігається з авторизованим записом у базі даних, система подає сигнал зчитувачу для надання доступу. Якщо ідентифікатор не розпізнається або є недійсним, доступ забороняється.

Цей процес відбувається за долі секунди, забезпечуючи безперешкодний і швидкий доступ для авторизованих користувачів.

Основною задачею є забезпечення роботи системи контролю доступу у разі відсутності централізованого живлення або інтернету. Для цього буде застосовано технологію зв'язку LoRa.

Поєднання RFID та LoRa у системі доступу дозволяє створити розподілену мережу, де кожен зчитувач є точкою збору даних про доступ і водночас вузлом мережі передачі цих даних до центру обробки. У випадку, якщо RFID-мітка користувача зчитується біля входу до аудиторії, інформація про цю подію передається через LoRa-мережу до центрального сервера, який у реальному часі обробляє інформацію та може автоматично приймати рішення про надання або обмеження доступу, виходячи з попередньо встановлених правил. Таке рішення може забезпечити не тільки надійний контроль доступу, але й відслідковувати переміщення осіб в рамках дозволених зон, а також вести журнал відвідування аудиторій, що може використовуватися для управління ресурсами університету.

Поєднання RFID-технологій з бездротовими мережами LoRa дозволяє побудувати розподілену систему доступу, яка функціонує стабільно навіть за відсутності постійного підключення до Інтернету.

Також технологія LoRa має досить низьке енергоспоживання, що дозволить системі тривалий час працювати у разі відсутності централізованого живлення.

Загалом, розробка та впровадження розподіленої системи доступу на основі RFID та з використанням LoRa-технологій є ефективним рішенням,

що поєднує сучасні технології зв'язку та ідентифікації для забезпечення оптимального контролю доступу та покращення загального управління університетськими приміщеннями. Така система не тільки сприяє підвищенню рівня безпеки, але й створює зручні умови для користувачів, відповідаючи сучасним вимогам до мобільності, гнучкості та ефективного використання технологій.

УДК 681.5

Тягунова М.Ю.¹, Бобирь Д.С.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172-13 НУ «Запорізька політехніка»

ПРОЄКТУВАННЯ СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ОЛИВИ

Сучасна промисловість все більше використовує комп'ютерні системи для автоматизації та оптимізації процесів. Оливи є важливим елементом в багатьох галузях промисловості — від сільського господарства до енергетичної галузі. Правильний вибір оливи не лише покращує ефективність роботи техніки, але й зменшує витрати на обслуговування та ремонт, що робить тему вибору оливи актуальною для досліджень. Існує багато різних видів олив, кожен з яких має свої унікальні властивості та призначення. Залежать це від багатьох чинників: специфіки техніки, умов її експлуатації та характеру виробничих процесів [1]. Для правильного підбору оливи необхідно враховувати різноманітні параметри, такі як в'язкість, термоокислювальну стабільність, корозійну активність, зольність, випаровуваність, змащувальні властивості тощо. Це все ускладнює процес вибору оливи і вимагає застосування та розробки точних алгоритмів чи систем, здатних автоматично здійснювати підбір оливи.

Важливість проєктування нових та аналіз існуючих автоматизованих комп'ютерних систем підбору олив обумовлена кількома чинниками, такими як: необхідність ефективного використання ресурсів в промисловості, розвитку технологічних моментів в виробництві та автоматизації, збільшенням вимог до якості олив для різних типів техніки, поява нових вимог щодо специфікації олив.

За допомогою сучасних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та великий аналіз даних ми зможемо більш ретельно та якісно аналізувати та проєктувати системи підбору олив [2]. Передові технології дозволять нам не лише автоматизувати процес, але й покращити точність підбору з урахуванням численних чинників, зокрема змінних умов експлуатації, витрат на обслуговування, збільшення міжсервісного інтервалу

заміни олив, збільшення інтервалу між капітальними ремонтами техніки/обладнання, що в кінцевому рахунку дозволить знизити витрати на обслуговування.

Задля покращення екологічної ситуації, зменшення рівня шкідливих викидів в атмосферу, важливим є впровадження якісних систем підбору олив, які здатні не лише оптимізувати технічні характеристики, але й мінімізують шкідливий вплив на довкілля. Наприклад, підбір оливи, яка має здатність до біорозкладнення або з низьким рівнем токсичності.

Основною метою даної роботи є проектування структури автоматизованої системи підбору оливи. Загальна структура такої системи представлена на рис. 1.

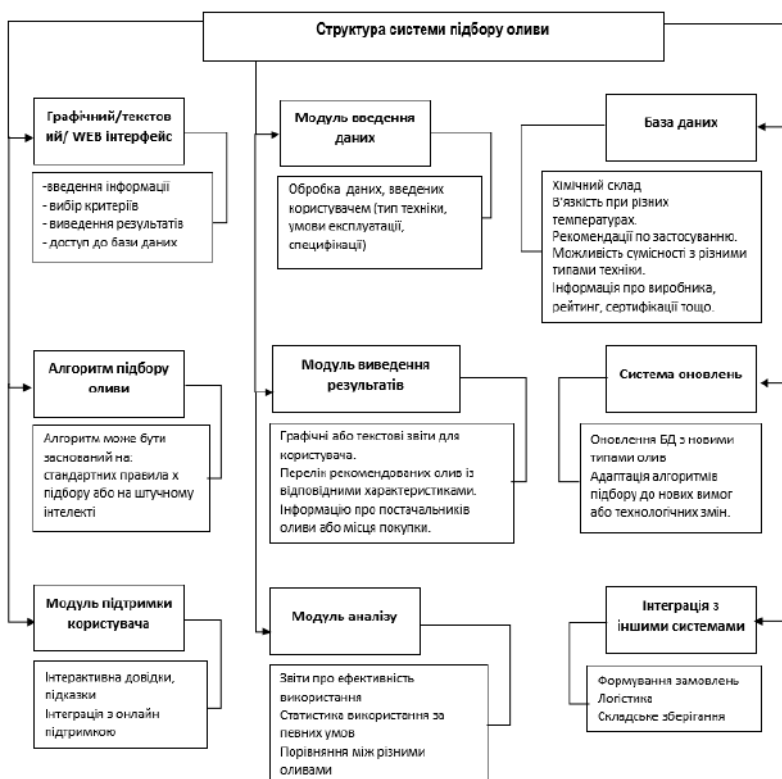


Рисунок 1 – Узагальнена структура системи

Таким чином, питання актуальності дослідження систем підбору олив є важливим не тільки для підприємств, кінцевих споживачів в контексті

вдосконалення їх технологічних процесів виробництва або експлуатаційних потреб, а й для підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення витрат та забезпечення екологічної безпеки.

Швидкий розвиток інформаційних технологій, зокрема у сфері створення інтелектуальних систем, дає змогу зробити процес підбору оливи більш персоналізованим і гнучким. Інтерактивні інтерфейси та бази даних, що містять інформацію про різні види олив, в поєднанні з алгоритмами оптимізації, дозволяють значно спростити та зробити вибір оливи зручнішим для кінцевого користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Knebel Francisco Paiva, et al. A study on cloud and edge computing for the implementation of digital twins in the Oil & Gas industries. *Computers & Industrial Engineering*, 2023, 182: 109363.

2. Al-Rbeawi Salam. A review of modern approaches of digitalization in oil and gas industry. *Upstream Oil and Gas Technology*, 2023, 11: 100098.

УДК 004.9

Udachyna Kateryna¹, Petrechuk Lina²

¹ PhD (Economic), associate professor, DMETI USUST

² senior teacher of the Department of Economic Informatics, DMETI USUST

OVERVIEW OF WEB-ORIENTED INFORMATION SYSTEMS FOR AUTOMATION OF LOGISTICS PROCESSES

Logistics processes are very important in various fields of activity. It is a pressing task to build an optimal route for the delivery of goods, as erroneous routing leads to additional costs and affects profits.

Building an optimal delivery route to a specific address depends on the accuracy of the customer's location data, and the accuracy of their geo-coordinates is also important. The use of modern information technologies helps to solve the issues of geocoding data and building a route online.

The aim of the work is to analyze the existing logistics information systems and study the issues of online automation of logistics processes.

Logistics consists of various subsystems [1-2]: production, procurement, inventory logistics, transportation, information, customs, and warehousing.

An important component of logistics is transport logistics, which manages material flows as they move from supplier to consumer. The value of the delivered goods depends on the amount of costs associated with their transportation. These costs are affected by the type of transport, route, number of participants in the transportation process, and other factors.

Modern software applications have built-in GPS trackers that track traffic flows, weather conditions, and fuel prices. Advanced systems can detect problems and prevent unforeseen events. For example, pickers and trackers on forklifts are used to safely transport and store goods, minimizing the likelihood of failures.

Today, the IT market offers a wide range of information systems for managing transportation processes, including the formation of optimal supply chains. The list of popular logistics management software products includes: Upper, Zoho Inventory, Oracle NetSuite ERP, Salesforce, Rose Rocket, Logiwa WMS, Acumatica: Best Cloud-based ERP with integrated logistics and inventory management, SAP, AVADA MEDIA, Fishbowl, Alvys [3].

Most transport management systems are cloud-based TMS services designed for route planning and transport control [4]. The basic functions of such systems are:

- route calculation for a certain number of address points in 10-30 minutes (road traffic is taken into account when determining routes);
- availability of a web-based supervisor interface for working with agents, performing multi-factor optimization when planning routes;
- using of various calculation models according to the customer's needs, visualization of the delivery point on the map and route display; comparison of the planned route and actual GPS tracker data; provision of information on delays and deviations from the route;
- performing analytics (ready-made reports and printed forms);
- access to the route in mobile applications, delivery control, SMS notifications to customers;
- API integration with the accounting system.

Having examined the existing ones, we can conclude that there is no software in the public domain that would solve the problem of forming an optimal route, except for the sometimes offered trial versions.

An analysis of existing information systems that solve problems in the field of logistics showed that the development of logistics software products is mainly carried out to order for a specific consumer and takes into account the specific features of the enterprise's activities. In the future, support and reconfiguration of parameters for specific conditions are necessary.

Therefore, there is a need to create an open information system for a logistics company that would organize the delivery addresses of goods, build the optimal transportation route on an online map, and then save the results.

REFERENCES

1. Logistics processes: key points for optimising your supply chain, available at: <https://www.mecalux.com/blog/logistics-processes> (accessed: 28 October 2024).

2. Udachyna, K. & Sadykov B. (2019), Osoblyvosti rozvytku protsesiv lohystychnykh pidpriemstv Ukrainy v suchasnykh umovakh [Peculiarities of development of processes of logistics enterprises of Ukraine in modern conditions]. Proceedings of the Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh uchenykh «suchasni informatsiini tekhnologii: teoriia, praktyka, perspektyvy» (Ukraine, Dnipro, December 4-5, 2023). Dnipro: Udunt, pp.55-56.

3. Top 10 Logistics Management Software for 2023, available at: <https://www.upperinc.com/blog/logistics-management-software/> (accessed: 27 October 2024).

4. ANT Logistics, available at: <https://www.softkey.ua/ua/catalog/cloud/ant-logistics/> (accessed: 17 October 2024).

УДК 621.396.963

Гладун К.В.¹, Самойлик С.С.²

¹ асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЗОНА ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ В РЛС ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ

Радіолокаційні системи (РЛС) метрового діапазону хвиль мають ключове значення для військових завдань, особливо у виявленні малопомітних цілей, таких як стелс-літаки, крилаті ракети та дрони. Завдяки фізичним властивостям метрових хвиль, ці системи ефективно працюють у складних умовах, таких як природні перешкоди або атмосферні явища. Метою роботи є проаналізувати фактори, що впливають на зону виявлення таких РЛС, та запропонувати шляхи її вдосконалення[1],[2].

Параметри зони виявлення:

– дальність. Метрові хвилі мають низький рівень поглинання в атмосфері, що дозволяє виявляти цілі на значних відстанях. Розрахункова дальність залежить від потужності передавача, чутливості приймача та умов навколишнього середовища [3];

– ширина зони. Використання антен із вузькою діаграмою направленості дозволяє підвищити точність, але обмежує кутову зону огляду. Рішенням є фазовані антенні решітки (ФАР), що забезпечують ширший охоплення без втрати точності [4];

– роздільна здатність. Залежить від довжини хвилі. У метровому діапазоні складно досягти високої точності без використання сучасних методів обробки сигналів, таких як когерентна обробка та алгоритми машинного навчання [3].

Переваги метрового діапазону:

- ефективність проти стелс-об'єктів. Покриття, розроблені для зменшення ефективної площі розсіювання (ЕПР), менш ефективні проти довгих хвиль [2]. У метровому діапазоні хвиль можуть бути забезпечені, за інших рівних умов, значно більші дальність і стега виявлення цілей, особливо малорозмірних. Це зумовлено наступними обставинами: середнє значення ЕПР аеродинамічних цілей у метровому діапазоні хвиль більше ніж у сантиметровому та дециметровому. Це робить метровий діапазон особливо корисним для виявлення малопомітних цілей. Формування діаграми спрямованості антени РЛС у метровому діапазоні хвиль у вертикальній площині відбувається за участю земної поверхні. Інтерференція прямої та відбитої хвиль призводить до посилення електромагнітного поля в окремих кутімісних напрямках практично вдвоє та ослаблення майже до нуля - в інших. При правильному виборі параметрів антеної системи та висоти її встановлення над поверхнею землі посилення поля відбуватиметься під невеликими кутами місця. Це дозволяє майже вдвічі збільшити дальність виявлення цілей, що летять на середніх та великих висотах. У метровому діапазоні хвиль менше втрати на поглинання та розсіювання електромагнітної енергії при її поширенні, що особливо важливо для РЛС далекого виявлення.

- стійкість до атмосферних умов. На метрові хвилі менше впливають дощ, туман та інші природні явища, що дозволяє використовувати ці РЛС у будь-яку погоду [1].

Фактори, що впливають на зону виявлення:

- атмосферна рефракція. Збільшує дальність виявлення, але створює викривлення траєкторії сигналу, що може знижувати точність;
- багатопроменевість. Виникає через відбиття хвиль від землі або об'єктів, створюючи додаткові сигнали. Це ускладнює ідентифікацію реальної цілі [3];
- рельєф. Високі будівлі, гори або інші перешкоди можуть створювати "мертві зони", де виявлення стає неможливим [4].

Методи вдосконалення:

- фазовані антенні решітки (ФАР). Забезпечують динамічну зміну напрямку випромінювання, що дозволяє сканувати ширші ділянки без втрати ефективності;
- сучасні алгоритми обробки сигналів. Використання алгоритмів глибокого навчання для розпізнавання корисних сигналів та фільтрації шумів;
- інтеграція з іншими системами. Поеднання з системами дальнього оптичного або супутникового спостереження дозволяє формувати комплексну картину поля бою [2].

РЛС метрового діапазону є незамінними інструментами для виявлення цілей у складних умовах завдяки їх здатності ефективно працювати проти стелс-технологій та в складних атмосферних умовах. Для покращення їхньої ефективності потрібно впроваджувати адаптивні антени, сучасні алгоритми обробки сигналів і комплексну інтеграцію з іншими системами.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення зональності виявлення та мінімізацію впливу природних і технічних перешкод [1], [3], [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Van Den Berg, H. Features of Radio Wave Refraction. Journal of Radar Systems, 2020.
2. Roy J. An Analytical Approach to Stealth Target Detection // J. Roy, R. Clemens. IEEE Transactions on Radar Systems, 2019.
3. Smith, L. Multipath Effects in the Meter-Wave Band // L. Smith, M. Johnson. Military Radar Review, 2021.
4. Gregory L. Phased Array Antennas: Modern Trends. Radar Engineering Journal, 2022.

УДК 621.396

Мороз Г.В.¹, Піза Д.М.², Ковальчук Ф.К.³

¹ старш викл. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-233 НУ «Запорізька політехніка»

ФОРМУВАННЯ КЛАСИФІКОВАНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ АВТОКОМПЕНСАТОРА ЗАВАД

У роботі розглядається актуальне завдання формування класифікованої навчальної вибірки для забезпечення ефективної роботи автокомпенсатора завад (АКЗ) в умовах впливу пасивних завад. Описано методи оцінювання міжканального коефіцієнта кореляції, вибір максимального значення та його використання для формування вагових коефіцієнтів у наступному періоді зондування.

В радіолокації для захисту від впливу активних маскуючих завад (АМЗ) можуть бути використані як просторові, так і поляризаційні відмінності в структурі корисних і завадових сигналів. Для просторової фільтрації застосовуються різного виду автокомпенсатори завад (АКП) або адаптивні антенні решітки.

Встановлено, що при одночасному впливі активної і пасивної завади, остання, за просторово-розподільного характеру, руйнує просторову кореляцію точкових джерел АМЗ. Тому, в умовах впливу комбінованих завад, необхідно тим або іншим способом зменшити вплив пасивної завади на процес формування вагових коефіцієнтів АКЗ.

Відоме рішення [2], в якому формування класифікованої навчальної вибірки для адаптації вагових коефіцієнтів АКЗ здійснюється на часовому інтервалі, розташованому в кінці дальності дії РЛС. Рішення ґрунтувалося на припущенні, що інтенсивність пасивної завади при збільшенні міри дальності істотно зменшується, але це не дозволяє гарантовано забезпечити ефективну компенсацію активних компонентів комбінованої завади.

В [3] описаний метод, заснований на використанні частотної різниці між активною і пасивною завадою і формування вагових коефіцієнтів АКЗ на частоті, не співпадаючої з частотою пасивної завади. Відношення коефіцієнта придушення АМЗ при адаптації АКЗ на частоті завади f_n $K(f_n)$ до коефіцієнта придушення на частоті f_c $K(f_c)$ визначається виразом:

$$\frac{K(f_n)}{K(f_c)} = 1 + \{1 - \cos[2\pi d \sin \theta (f_n - f_c) / c]\} \frac{P_{\text{АМП}}}{P_{\text{вн.ш}}}, \quad (1)$$

де d – відстань між приймальними антенами;

θ – кутове положення джерела завади відносно норми до антени;

$\tau = (d \sin \theta) / c$ – затримка сигналу, зумовлена різницею ходу завадового сигналу до приймальних антен;

c – швидкість поширення хвильового фронту;

$P_{\text{АМП}}$ – потужність активної маскуючої завади;

$P_{\text{вн.ш}}$ – потужність внутрішнього шуму приймальних каналів.

З (1) випливає, що формування вагових коефіцієнтів на частоті, що відрізняється від частоти f_c , при рознесенні приймальних антен може призвести до суттєвого зниження компенсації АМЗ, яке обумовлено різницею фазових зрушень активної завади між основною та компенсаційною антенною просторовим фільтром. Для формування класифікованої навчальної вибірки в [3] фазові міжканальні сдвиги вимірюються і здійснюється їх автопідлаштування. Недоліком даного методу є те що при використанні двох АКЗ (ведучого і відомого), а також при вимірюванні фазових міжканальних здвигов істотно ускладнюється реалізація просторового фільтра.

При використанні поляризаційно-часової обробки [4] діаграми направленості основного і компенсаційного каналів формуються однієї і

тієюж дуальнополяризованою антеною. Таким чином, рознос антен і міжканальний фазовий здвиг відсутні. Це істотно полегшує формування класифікованої виборки в порівнянні з методом, запропонованим вище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 48705 Україна, МПК G01S 7/36 Спосіб компенсації активної складової комбінованої завади [Текст] / Кононович В.Я., Кукольницький А.П., Залевський О.П., Каспирович О.Г., Мейстер Ю.Л., Денека А.А.; Казенне підприємство «Науково-виробничий комплекс «Іскра»; заявл. 06.11.2009; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6.
2. Пиза Д. М. Усовершенствованный метод Грама-Шмидта для обработки радиолокационных сигналов. / Д. М. Пиза, С. Н. Романенко // Радиоелектроника, информатика, управление. – 2021. – № 4. – С. 26–33.
3. Пат. 91114 Україна, МПК G01S 7/36 Спосіб захисту радіолокаторів від комбінованих завад, діючих по головному променю діаграми спрямованості антени / Піза Д.М., Сіренко А.С., Звягінцев Є.О.; Запорізький національний технічний університет; заявл. 20.12.2013; опубл. 25.06.2014, Бюл. №12.

УДК 621.396

Чорнобородова Н.П.¹, Чорнобородов М.П.², Комінов Є.Є.³, Шведенко В.В.⁴

¹ пров. інж. ТОВ НПФ "Сведа, ЛТД"

² доц. НУ "Запорізька політехніка"

³ асп. НУ "Запорізька політехніка"

⁴ студ. НУ "Запорізька політехніка"

ОПТИМІЗАЦІЯ ВАГОВОГО ВІКНА БЛЕКМАНА-ХЕРІСА (-74 ДБ)

Спектральний аналіз методом дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) використовується за розв'язування задач виявлення й оцінювання параметрів гармонійних сигналів з періодом, не кратним тривалості інтервалу обробки, на тлі флуктуаційних й багатотонових завад.

Пошук компромісного розв'язку між точністю оцінки й швидкістю обробки для отримання задовільних результатів – звичайна практична задача. Неминучий компроміс у таких випадках полягає у тому, що послідовність відліків вхідного сигналу доводиться домножувати на вагові коефіцієнти вікна, або шляхом домноження спектральних відліків на вагові коефіцієнти вікна здійснюють спектральне згладжування, що еквівалентно.

Вибір вагової функції звичайно сильно впливає на результат спектрального аналізу, оскільки різні вікна забезпечують різні амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) фільтрів ДПФ. Основне призначення вагової

функції – зменшення небажаного ефекту міжфільтрового просочування, який, перш за все, визначається рівнем бічних пелюсток.

3- й 4-членні вікна Блекмана-Херіса задаються виразом [1]:

$$a_n = b_0 - b_1 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot n) + b_2 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot 2 \cdot n) - b_3 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot 3 \cdot n), \quad (1)$$

де $n=0..N-1$ - номер відліку вхідного сигналу; N - кількість фільтрів ДПФ; b_i – коефіцієнти, які визначають АЧХ фільтра.

В [1] заявлено рівень бічних пелюсток (РБП) -74 дБ за значень $b_0=0,40217$, $b_1=0,49703$, $b_2=0,09392$, $b_3=0,00182$. Насправді ж, за цих значень досягається рівень лише -58 дБ (див. Рис. 1). Для решти 3- й 4-членних вікон Блекмана-Херіса (за інших значень коефіцієнтів b_i) заявлений рівень бічних пелюсток відповідає фактичному (відмінність рівня для малих N є звичною).

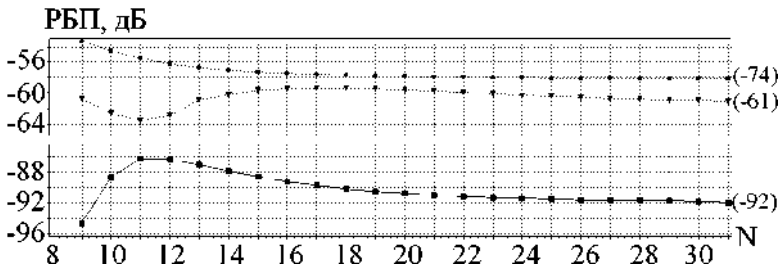


Рисунок 1 – Рівень бічних пелюсток вікон Блекмана-Херіса -61, -74 й -92 дБ

Зобразивши вагову функцію геометрично (див. Рис. 2), можна побачити її несиметричність що для парних, що для непарних кількостей фільтрів N . З метою відновлення симетричності вагової функції, запишемо (1) у вигляді:

$$a_n = b_0 - b_1 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot [n+1/2]) + b_2 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot 2 \cdot [n+1/2]) - b_3 \cdot \cos(2 \cdot \pi / N \cdot 3 \cdot [n+1/2]). \quad (2)$$

З метою зменшення рівня бічних пелюсток, скористаємося відомим методом підбирання підставки Δ амплітудного розподілу в розкритті антени:

$$a'_n = a_n + \Delta, \quad (3)$$

де a'_n – вікно з підставкою.

Так, за кількості фільтрів $N=12$, за $\Delta=0,006675$ було досягнуто зменшення рівня бічних пелюсток на 25 дБ (див. Рис. 3):

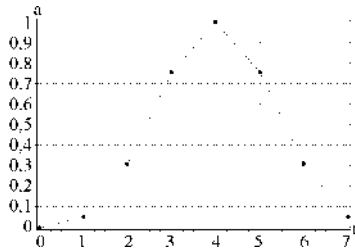


Рисунок 2 – Вікно Блекмана-Херіса -74 дБ для N=8

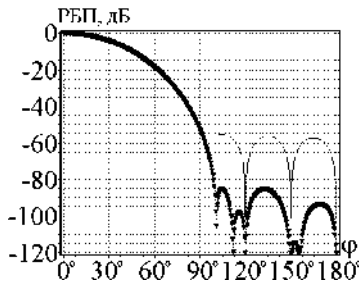


Рисунок 3 – АЧХ вікна Блекмана-Херіса (-74 дБ) до (—) й після (—▼) оптимізації

Величини оптимальних значень підставки Δ наведено у табл. 1:

Таблиця 1 – Підсумки оптимізації вікна Блекмана-Херіса -74 дБ

Кількість фільтрів N	РБП фільтра з вікном (1), дБ	Величина підставки Δ	РБП фільтра з вікном (2) з підставкою, дБ	Виграш, дБ
8	-	0,007505	-89	-
9	-62	0,00742	-79	17
10	-62	0,007085	-81	19
11	-61	0,00683	-84	23
12	-60	0,006675	-85	25
13	-60	0,006675	-79	19
14	-59	0,0065	-78	19
15	-59	0,006135	-79	20
16	-59	0,00603	-78	19
≥ 17	-58	0,005795	-75	17

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хэррис Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье. - ТИИЭР, т.66, №1, январь 1973.-с.60-97.

GENERATION OF DYNAMIC CHAOTIC SIGNALS USING GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS

Deterministic dynamic chaotic signals reflect the almost unpredictable dynamical behavior based on simple nonlinear rule [1]. Chaotic signals are successfully used as carriers in analog and digital communication systems [2], [3]. Chaotic modulation is an efficient wideband keying scheme. It performs as a spread spectrum telecommunication system. Ergodic Chaotic Parameter Modulation (ECPM) is one of such keying schemes. A modulation scheme determines how bits are mapped to the bifurcation parameter of transmitted signals. It requires sophisticated demodulation algorithms that increase the demodulator complexity. The demodulation of chaotic signals with deep learning techniques is presented in [4].

This paper presents the generation of dynamic chaotic-like signals using Generative Adversarial Networks (GANs). GANs are a class of machine learning models used for generating new data that is similar to a given dataset. They consist of two neural networks that are trained simultaneously in a competitive manner. The two networks in a GAN are a generator and discriminator. The generator is to create fake data that mimics the real data distribution. It takes random as input and generates a signal as output. The discriminator's job is to distinguish between real signal from the actual dataset, and fake signal produced by the generator. It outputs a probability of whether a given input is real or fake.

This research is dedicated to the signals generated with the logistic map (2). The logistic map is a simple rule that can generate chaotic behavior. Logistic map-based applications are widely used in various fields like digital communications, cybersecurity, etc.

The logistic equation:

$$\frac{dx}{dt} = rx(1-x), \quad (1)$$

replacing the logistic equation (1) with the quadratic recurrence equation:

$$x_{n+1} = rx_n(1-x_n), \quad (2)$$

where r is a positive constant gives the logistic map. Chaotic signals in this research are generated with the logistic map using Eq. 2.

Fig. 1 and 2 present the structure of the generator model and the discriminator respectively, Fig. 3 shows the example of generated by the GAN signal for r value of 3.9.

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_6 (Dense)	(None, 64)	6,464
leaky_re_lu_4 (LeakyReLU)	(None, 64)	0
dense_7 (Dense)	(None, 128)	8,320
leaky_re_lu_5 (LeakyReLU)	(None, 128)	0
dense_8 (Dense)	(None, 128)	16,512

Figure 1 – Architecture of generator

Layer (type)	Output Shape	Param #
flatten_1 (Flatten)	(None, 128)	0
dense_9 (Dense)	(None, 128)	16,512
leaky_re_lu_6 (LeakyReLU)	(None, 128)	0
dense_10 (Dense)	(None, 64)	8,256
leaky_re_lu_7 (LeakyReLU)	(None, 64)	0
dense_11 (Dense)	(None, 1)	65

Figure 2 – Architecture of discriminator

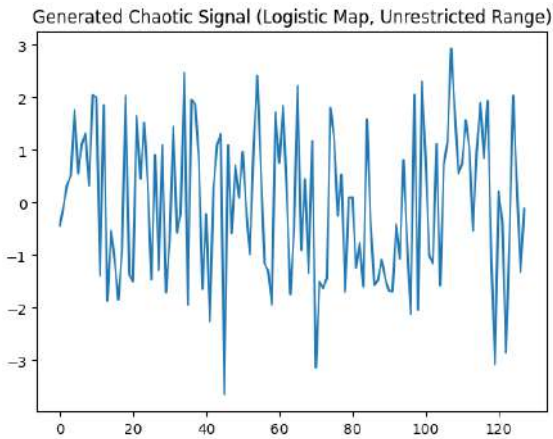


Figure 3 – Chaotic signal generated with GAN

One of the possible application areas for the developed model is digital communication with autonomous mobile robots, in line with our previous research [5]-[7].

In terms of future research, it would be useful to extend the current findings by examining the ability of external classification model to make distinction between true chaotic signals and ones generated with the GAN. Also, it would be useful to research the ability of unsupervised machine learning approach in the context of this task.

REFERENCES

1. R. May, "Simple mathematical models with very complicated dynamics," *Nature*, vol. 261, pp. 459–467, 1976, doi: 10.1038/261459A0
2. C. Wang, N. Jiang, G. Li, C. Xue, A. Zhao and K. Qiu, "Secure chaotic communication with spectrum expansion/compression," 2017 16th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICOON.2017.8121333
3. G. Tang, L. Zhu, Q. Wu, Q. He and L. Yu, "A hybrid spread spectrum communication method based on chaotic sequence," 2021 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISNCC52172.2021.9615817
4. M. Kozlenko, "Supervised machine learning based signal demodulation in chaotic communications," 2022 International Conference on Innovative Solutions in Software Engineering (ICISSE), Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine, Nov. 29-30, 2022, pp. 313-317, doi: 10.5281/zenodo.7512427
5. M. Kozlenko, "The interference immunity of the telemetric information data exchange with autonomous mobile robots," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 1, pp. 107–113, 2015
6. E. Demiral, I. R. Karas, Y. Karakaya, and M. Kozlenko, "Design of indoor robot prototype guided by RFID based positioning and navigation system," in 6th International Conference on Smart City Applications, in International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, vol. 46, no. 4/W5-2021, I. R. Karas, M. Ben Ahmed, A. A. Boudhir, and B. K. Ane, Eds., Safranbolu, Turkey, Oct. 27-29, 2021, pp. 175-180, doi: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-175-2021
7. I. Lazarovych et al., "Software implemented enhanced efficiency BPSK demodulator based on perceptron model with randomization," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, Aug. 26–28, 2021, pp. 221–225, doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575458

УДК 621.396.6

Бугрова Т.І.¹, Селюк Є.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-213м НУ «Запорізька політехніка»

ДРУКОВАНА ГОЛОГРАФІЧНА АНТЕНА

Геометрія антени показана на рис. 1. Поверхневий імпеданс в цьому випадку модулюється за допомогою друку щільної металевої текстури у вигляді квадратиків або кружків на поверхні екранованої металом діелектричної пластини. Завдяки мілкоструктурному рисунку друкованих металевих квадратиків або кружків ця конструкція називається голографічною. Структура відноситься до метаматеріалів і теоретично металеві елементи можуть бути будь-якої регулярної форми (ромбики, зірочки, хрестики, тощо). До речі, в майбутньому варто дослідити, як вид метаматеріалу (форма і розміри елементів) впливає на електричні параметри та частотні характеристики даної антени.

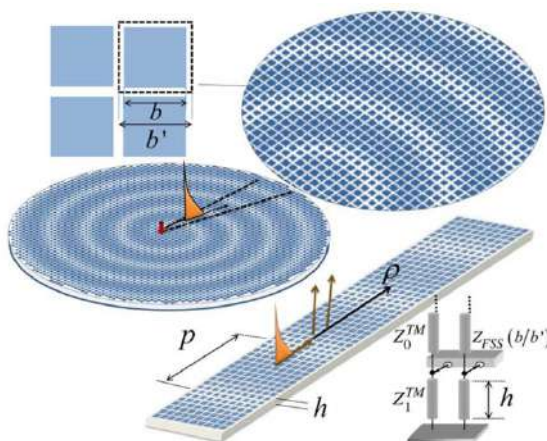


Рисунок 1 – Друкована плоска голографічна антена, геометрія її 2D задачі, і еквівалентна модель в теорії кіл при збудженні структури поверхневою хвилею електричного типу

Квадратики з металу, як і прийнято для метаматеріалу, мають дуже маленький електричний розмір. Менший поверхневий імпеданс виконується шляхом друку менших за розміром металевих квадратиків. То ж спіраль легко виготовляється або за стандартною тонкоплівковою технологією, або навіть друкується безпосередньо на 3D принтері. Поверхня набуває виду

спіралі за рахунок чередування більших і менших за розміром металевих квадратиків. Можна спробувати дослідити й інверсний варіант – коли замість голографічного металевого рисунку спіраль створюється квадратними отворами в поверхневій металізації діелектричної пластини. До речі, такий варіант буде мати перевагу в ефективності в діапазоні міліметрових та субміліметрових хвиль завдяки зменшенню дисипативних втрат в металі.

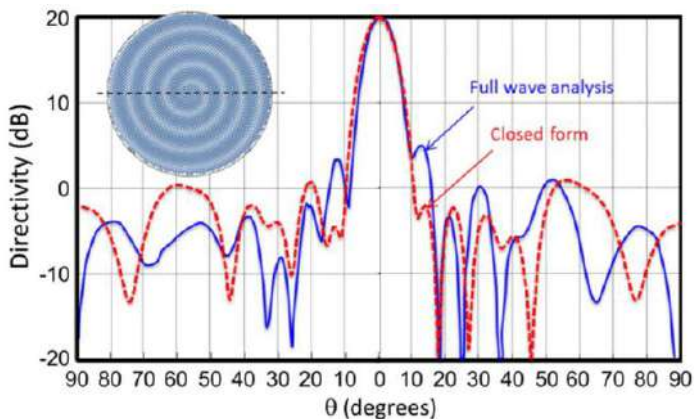
Створення конструкції голографічної спіральної антени за алгоритмом подібне до створення діелектричної спіральної лінзи. Величина середнього поверхневого опору вибирається з умови неможливості поширення в імпедансному середовищі вищих типів хвиль. Імпеданс зв'язується з геометрією структури за допомогою параметричного дисперсійного аналізу з використанням лінії живлення з хвилею збудження електричного типу. При цьому поле записується у вигляді суми просторових гармонік Флоке. (рис.1). Піксельна структура описується сумою гармонік Флоке і може бути змодельованою за допомогою додаткового поверхневого імпедансу в напрямку, що є паралельним до лінії передачі. Величина цього додаткового імпедансу, сформованого спектром гармонік Флоке, залежить від відношення між розміром квадрата b та його локальним періодом b' (рис.1).

Для розв'язування дисперсійного рівняння використовується метод узгодження нульового полюса [1] та метод моментів [2].

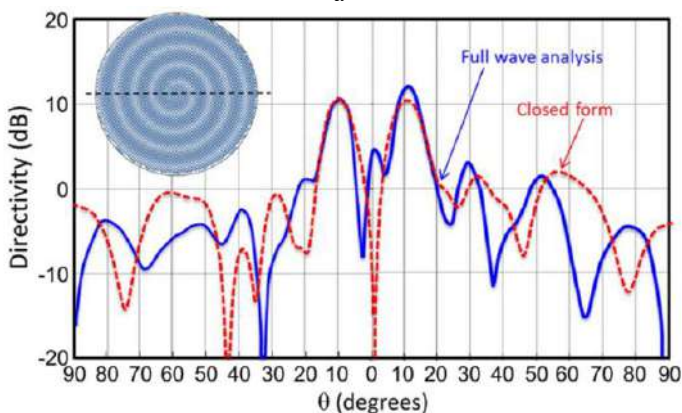
Розглянемо конструкцію голографічної антени з метаматеріалом у вигляді металевих квадратиків з підсиленням у 20 dB на частоті 13 GHz. Вся поверхня спіралі створена металевими квадратами різного розміру у кількості 3323 шт. Вони надруковані на екранованій діелектричній пластині, виконаній на матеріалі з відносною діелектричною проникністю 10,2 та товщиною $h=0,82$ мм. Індекс модуляції $M=0,5$ та відносний поверхневий імпеданс дорівнює 0,71. Для того, щоб отримати підсилення у 20 dB, радіус антени повинен дорівнювати $a=3,67\lambda$. На рис. 2, а, б показано діаграми спрямованості для основного та крос-поляризованого поля випромінювання. Результати розрахунку діаграм спрямованості в наближенні повного поля та порівняння їх з результатами, отриманими аналітичним шляхом представлені на рис.2, а, б.

Збіжність аналітичних результатів та результатів моделювання по повному полю, особливо в районі головної пелюстки, а також співпадіння в оцінках рівня послаблення більшості з бічних пелюсток діаграми спрямованості можна вважати цілком задовільними.

Ця обставина може слугувати фактичним підтвердженням адекватності як обраних для аналізу голографічних антен методів, так і алгоритмів створення самих конструкцій.



a



б

Рисунок 2 - Діаграми спрямованості антени для основної (а) та крос-поляризації (б) для антени з підсиленням 20 dB на частоті 13 GHz.

На рис.2 також представлені результати порівняння хвильового аналізу без втрат на поглинання (суцільна лінія) і з урахуванням поглинання (пунктирна лінія).

Наостанок слід зазначити, що різні види сучасних спіральних антен (не тільки голографічні) мають великий потенціал поліпшення параметрів і характеристик, а також заслуговують на подальші дослідження й експерименти з ними завдяки їх низькопрофільній конструкції і високим коефіцієнтам підсилення.

Розглянута в дослідженні голографічна антена є геометрично плоскою і з єдиним портом живлення. Це полегшує і здешевлює використання низькопрофільних антен подібної конструкції у безпілотних літальних апаратах, а також у наземних та морських дронах, тому що в процесі переміщення в просторі такі антени не створюють аеродинамічного або гідродинамічного опору середовищу руху носія. Основною для антен такого типу є поляризація обертання, яка зменшує потужність завад, утворених навмисно засобами радіоелектронної боротьби ворога.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Maci. FSS-based EBG surfaces/S. Masi// In Electromagnetic Metamaterials: Physics and Engineering Aspects, R. W. Ziolkowski and N. Engheta, Eds. -New York: Wiley Interscience, 2020, ch. 13.
2. P. De Vita. Fast analysis of large finite arrays with a combined multiresolution—SM/AIM approach/ P. De Vita, A. Freni, F. Vipiana, P. Pirinoli, and G. Vecchi // IEEE Trans. Antennas Propag.-2022.-Vol. 74.- N. 12.- Pp.3827–3832.

УДК 621.396.62

Гарачук С.А.¹, Піроженко О.О.¹, Скидан Д.О.²

¹ старш.викл. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

РЕАЛІЗАЦІЯ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ЧМ-ВІДЕОПРИЙМАЧА 5,8 ГГц НА РОЗПОДІЛЕНИХ КОМПОНЕНТАХ

При проектуванні та виготовленні робототехнічних та безпілотних систем для передачі відеозображення часто використовують аналогові відеопередавачі цивільних діапазонів в т.ч. на 5,8ГГц.

Основна проблема існуючих приймачів бездротового аналогового відеосигналу на цих частотах є у тому, що вони виконуються на базі однієї мікросхеми, де вже вбудовано всі робочі вузли і відповідно виникають проблеми у разі необхідності внесення змін в режими роботи таких приймачів. Завдання полягало у вивченні можливостей побудови приймачів аналогового частотномодульованого відеосигналу стандарту PAL на розподілених компонентах.

Реалізована система приймача використовуватиме супергетеродинну архітектуру та працюватиме в поєднанні з комерційно доступним передавачем частотної відеомодуляції (FM) потужністю 600 мВт виробництва ImmersionRC. Цей передавач використовує аналогові композитні відеосигнали зі змінною фазою (PAL), його буде підключено до

невеликої камери відеоспостереження та змонтовано на портативну станцію мовлення.

Блок-схема на рис. 1 показує схему гетеродинного FM-приймача з одним перетворенням.

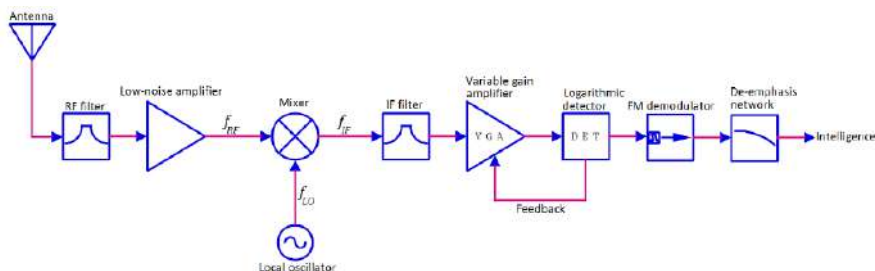


Рисунок 1 – Схема супергетеродинного FM-приймача з одинарним перетворенням

Через вимоги до динамічного діапазону системи приймача, як правило, необхідне посилення та обмеження рівня потужності ПЧ. Цього можна досягти за допомогою схеми автоматичного регулювання посилення (AGC). Коефіцієнт посилення пристрою АРП регулюється за допомогою входу напруги.

Блок-схема супергетеродинного FM-приймача, що показана на рис. 1, використовує FM-демодулятор PLL (Phase Locked-Loop) для виділення модульованого сигналу з перетвореного з пониженням ПЧ сигналу. Фундаментальна схема демодулятора ФАПЧ складається з фазового детектора, контурного фільтра та генератора, керованого напругою (VCO), з'єднаних у циклі негативного зворотного зв'язку. Блок-схема такої схеми показана на рис. 2.

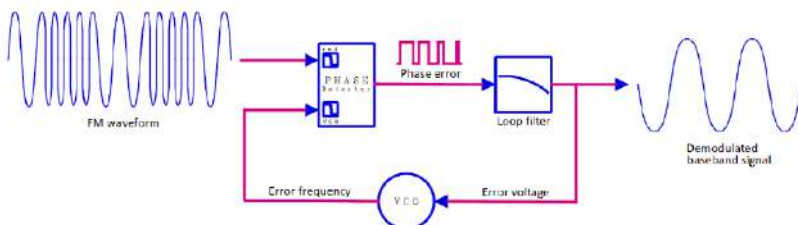


Рисунок 2 – Блок-схема демодулятора PLL FM

Першим компонентом ФАПЧ (PLL) демодулятора є фазовий детектор. Фазовий детектор порівнює фазу вхідного ЧМ-сигналу з фазою сигналу,

створеного VCO, і видає прямокутну хвилю з робочим циклом, пропорційним різниці фаз. Потім прямокутна хвиля фільтрується в контурному фільтрі. Петлевий фільтр, фільтр низьких частот, інтегрує робочий цикл прямокутної хвилі в напругу помилки, яка подається назад у VCO. Контур зворотного зв'язку замикається, коли напруга помилки повертається на VCO, а вихідний сигнал VCO повертається на фазовий детектор. Дія зворотного зв'язку відстежує фазу вхідного FM-сигналу з фазою сигналу VCO. Це означає, що напруга помилки, яка керує VCO, пропорційна девіації несучої, тобто модулюючого сигналу.

Система реалізована за допомогою пристроїв поверхневого та отвірного монтажу на чотирьох окремих каскадах друкованих плат (PCB). Ці каскади включають радіоінтерфейс 5,8 ГГц, каскад проміжної частоти (IF) 480 МГц, блок гетеродина (LO) і схему демодуляції частоти для сигналів частотної модуляції (FM). Кожен каскад приймача з'єднаний між собою за допомогою мініатюрних роз'ємів версії А (SMA).

Вхідна плата радіоприймача складається з підсилювача з низьким рівнем шуму (LNA), фільтра попереднього вибору з розподіленими елементами 5,8 ГГц і пасивного змішувача з подвійним балансом. Цей змішувач використовує сім дискретних частот інжекції на 5260-5380 МГц, які забезпечуються блоком гетеродина за допомогою програмованого пристрою синтезатора частоти з фазовою автопідстроюванням частоти (PLL).

Ступінь ПЧ використовує петлю зворотного зв'язку з автоматичним регулюванням посилення (AGC) з динамічним діапазоном 60 дБ. Ця петля АРУ реалізована за допомогою спрямованого зв'язувача, пристрою детектора, схеми налаштування та підсилювача/аттенюатора зі змінним коефіцієнтом посилення (VGA). ПЧ на частоті 480 МГц вибирається за допомогою фільтра поверхневої акустичної хвилі (ПАХ) 25 МГц.

ПЧ демодулюється до формату композитного відео PAL за допомогою дискримінатора PLL FM, призначеного для супутникових сигналів прямої трансляції (DBS). Цей пристрій підключається до окремого каскаду демодуляції в поєднанні зі схемою налаштування зображення та мережею зменшення акценту FM. Вихід каскаду демодулятора є композитним відеосигналом 75 Ом PAL.

Антенна приймача підключається безпосередньо до переднього каскаду. Цей етап забезпечує підсилення, попередній вибір і понижувальне перетворення радіочастотного сигналу 5,8 ГГц. Вхідний каскад складається з МШП 16 дБ, фільтра попереднього відбору та пасивного подвійного збалансованого змішувача.

Окремий гетеродин забезпечує сім низьких частот інжекції 5260-5380 МГц на змішувач, розташований на передньому каскаді. Кожна частота

гетеродина генерується за допомогою програмованого синтезатора частоти ФАПЧ із вбудованим генератором, що керується напругою (VCO).

ПЧ із пониженим перетворенням, що надходить із переднього каскаду, становить 480 МГц. Цей сигнал поширюється на каскад проміжної частоти і відбирається за допомогою фільтра поверхневої акустичної хвилі (ПАВ) 25 МГц. ПЧ потім посилюється монолітним підсилювачем мікрохвильової інтегральної схеми (ММІС) з фіксованою частотою 32 дБ. Петля зворотного зв'язку АРП 60 дБ регулює рівень потужності ПЧ до кінцевого каскаду демодулятора ЧМ системи приймача.

Завершальним компонентом переднього каскаду є змішувач. Метою цього мікшера є понижуєче перетворення сигналу 5,8 ГГц, що транслюється відеопередавачем. Пасивний подвійний збалансований змішувач HMC218BMS8E виробництва компанії Hittite був обраний для забезпечення пониження перетворення в ПЧ на 480 МГц.

Синтезатор частоти AD F4355 може генерувати вихідні частоти від 51,5625 МГц до 6600 МГц і управляється за допомогою 13 програмованих регістрів даних на кристалі. Кожен регістр налаштовує функції ADF4355, такі як його ядро VCO, цілочисельні та дробові дільники, насос заряду та кілька інших блоків усередині пристрою.

Кожен регістр даних має довжину 4 байти (32 біти), і більшість із них потребують конфігурації кожного разу, коли пристрій активується. Крім того, деякі регістри потрібно було переконфігурувати в попередньо визначеній послідовності під час роботи, щоб дозволити коригування вихідної частоти. Кожен регістр даних всередині ADF4355-3 налаштований на 3-провідну шину SPI.

Після фільтра розмістили підсилювач BGA2869 виробництва NXP semiconductors. BGA2869 — це підсилювач із внутрішньо узгодженою монолітною мікрохвильовою інтегральною схемою (ММІС) із фіксованим коефіцієнтом посилення, оптимізований для роботи від 0,2 до 2,2 ГГц.

Ступінь FM-демодулятора є завершальним етапом системи відеоприймача. Метою цього етапу є виділення сигналу з перетвореного з пониженням частоти FM сигналу 480 МГц. FM-демодуляція реалізована за допомогою мікросхеми TDA8730 виробництва Philips semiconductors. Ця мікросхема є FM-демодулятором 479,5 МГц, PLL, спочатку розробленим для композитних відеосигналів DBS (пряме супутникове мовлення).

Вихід TDA8730 підключений до схеми налаштування зображення. Ця схема складається з двох високошвидкісних операційних підсилювачів і необхідна для налаштування амплітуди та зсуву демодульованого сигналу. Ця схема встановлює рівень яскравості та контрастності композитного відеосигналу PAL.

Зображення кінцевої реалізації приймача показано на рис. 3

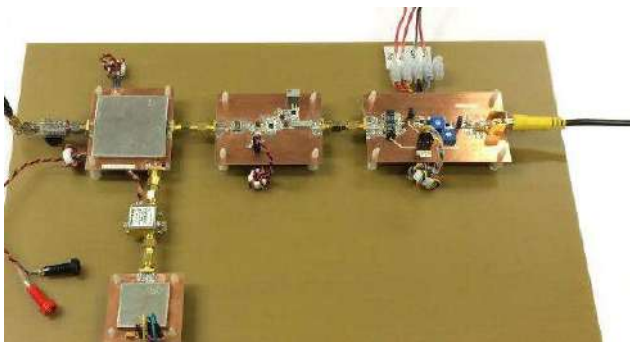


Рисунок 3 – Остаточна реалізація приймача

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jeffrey S. Beasley, “Modern Electronic Communication”, Pearson, 1st ed. 2013. pp. 211-218.

2. “Pre-emphasis characteristics for frequency modulation radio-relay systems for television”, <https://www.itu.int/dms pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.405-1-197007-WPDF-E.pdf>

УДК 621.396.67 : 621.391.81

Костяной П.А.¹, Каплієнко О.О.², Коротич В.М.³

¹ асп. гр. А-172.12 НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. каф. ЕЕА НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ СПУФІНГУ GNSS ПРИЙМАЧІВ

Уразливість GNSS до радіочастотних перешкод і підробки стає все більшою проблемою для навігаційних програм, які вимагають високого рівня точності та надійності. Ця недостатня точність звичайних приймачів GPS призвела до розробки багатоантенних систем GPS, які об'єднують три або більше інтерфейсів GPS, пов'язаних із загальним осцилятором.

Основною метою цього проекту є розробка недорогої та простої у розгортанні платформи з кількома антенами, каліброваної за GPS, за допомогою використання комерційних стандартних (COTS) програмно-визначених радіостанцій (SDR) і антен GPS.

Решітка відноситься до набору антен, розташованих у різних точках простору. Цей набір антен або датчиків витягує інформацію з поля падаючої хвилі в околицях, і його можна використовувати для покращення прийому

цікавих сигналів. Це дозволить, наприклад, визначити напрямок приходу фронту хвилі, що падає, оцінити джерела випромінювання сигналу тощо.

Беручи до уваги, що приймач виконує фазову та квадратурну обробку, у цьому короткому поясненні падаючі сигнали розглядатимуться як його низькочастотний еквівалентний сигнал. Це припущення дозволяє працювати з виразами більш простим способом і не передбачає втрати загальності. Низькочастотний еквівалентний сигнал на кожному датчику може бути виражений як лінійна комбінація сигналів, випромінюваних кожним джерелом, і шумовий елемент і може бути виражений як:

$$x_i(t) = \sum_{k=1}^m s_k(t - \tau_{i,k}) g_i(\theta_k, \phi_k, p_k) e^{-j2\pi f_0 \tau_{i,k}} + n_i(t) \quad (1)$$

$$\tau_{i,k} = \frac{K_k r_i}{2\pi f_0} \quad (2)$$

де s_k – еквівалентний сигнал низьких частот k -го джерела, отриманий з контрольної точки (точкою відліку є один датчик масиву або найближча точка);

$\tau_{i,k}$ – час поширення сигналу джерела k від контрольної точки до датчика i ;

K_k – векторне хвильове число, пов'язане з сигналом k ;

r_i – вектор положення датчика i відносно контрольної точки;

f_0 – робоча центральна частота;

$n_i(t)$ – еквівалентний шум низькочастотного датчика i ;

$g_i(\theta_k, \phi_k, p_k)$ – посилення датчика i хвилі джерела k .

На рис.1 показана рівномірна лінійна решітка (ULA), яка є найбільш базовою конфігурацією розподілу антенних решіток. Цей тип геометрії масиву складається з розподілу N датчиків, розташованих на однаковій відстані d і вздовж однієї осі. ULA є найбільш базовою конфігурацією розподілу антенних решіток.

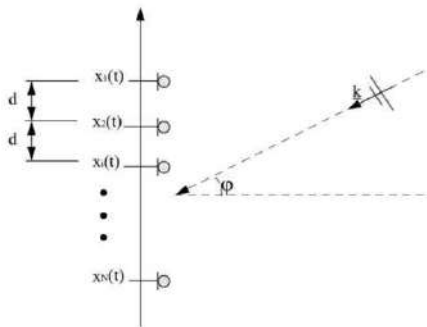


Рисунок 1 - Геометрія ULA

В ідеальній конфігурації та в чистому середовищі вимірювання, отримані кожною антеною, мають бути однаковими, за винятком ефекту, спричиненого відстанню між антенами. Отже, аналіз, виконаний у роботі, базується на відмінностях між вимірюваннями, отриманими кожною антеною. Основна концепція базується на оцінці напрямку прибуття за допомогою спостережуваних фаз несучої.

На рис. 2 представлена решітка ULA з двома антенами, що приймають сигнал s , випромінюваний супутником GPS.

Щоб визначити висоту супутника на основі оцінених параметрів сигналів GPS, вимірюваннями, які забезпечують найбільш точні значення, є фазові спостереження несучої.

На рис.3 показано фазу сигналу кожного приймача USRP і різницю фаз між сигналом, отриманим за допомогою USRP2 і USRP3, порівняно з сигналом, отриманим USRP1.

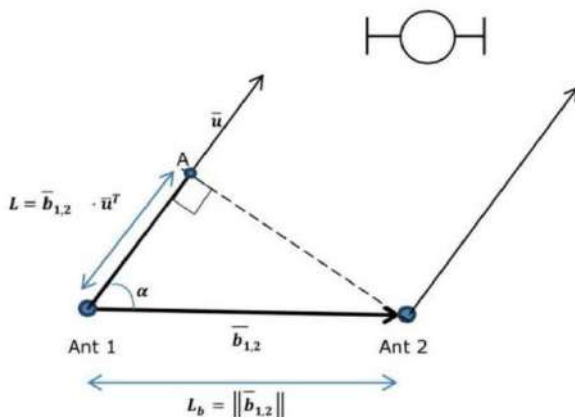


Рисунок 2 - Оцінка DOA з масивом ULA

На сьогоднішній день існує більше ніж один спосіб отримати вирівняні по фазі зразки за допомогою зовнішнього калібрувального сигналу. Найбільш використовуваний метод корекції фази базується на прямій подачі зовнішнього калібрувального сигналу до другого порту кожної з плат USRP у масиві та, таким чином, виявленні неоднозначності фази без етапу калібрування. Явним недоліком використання цієї методики фазової корекції є необхідність чітко відрізнити цільовий сигнал від калібрувального тону. Цей калібрувальний сигнал має бути певним чином відокремлений від цільового сигналу, щоб після виконання програмної фільтрації цільовий сигнал можна було чітко відрізнити.

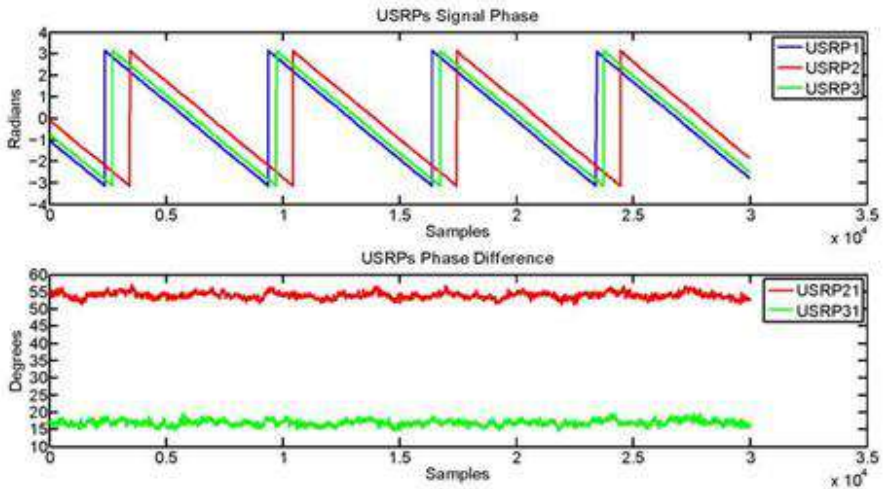


Рисунок 3 - Різниці фаз USRP

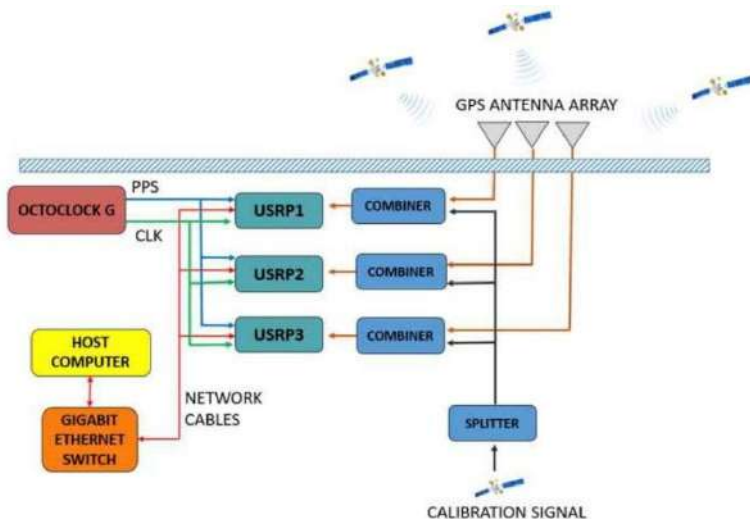


Рисунок 4 Підхід схеми синхронізації часу та фази

Як видно на рис. 4, враховуючи, що створений багатоантенний приймач має програми GPS, синтетичний сигнал GPS пропонується як сигнал калібрування фази. Цей синтетичний сигнал GPS є нічим іншим, як чистим фіктивним супутниковим сигналом GPS, який поширюється на передніх

кінцях за допомогою розгалужувача та кабелів відповідної довжини. Запропонований підхід дозволяє користувачеві виправляти випадкові зсуви фази USRP шляхом компенсації різниць фаз, що спостерігаються за загальним калібрувальним сигналом, дозволяючи спостережуваним реальним різницям фаз GPS обумовлюватися положенням антенної решітки.

Апаратне забезпечення та методи, що використовуються в цій роботі, можуть бути використані для виявлення атак статичного спуфера GPS. Крім того, оскільки процес калібрування, що виконувався протягом цієї роботи, гарантує принаймні отримання вирівняних за часом і фазою зразків, розроблену платформу можна використовувати як інструмент тестування для будь-якої іншої антенної решітки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dr-Ing. Bernd Eissfeller, “GPS & GNSS Receiver Technology and Trends”, Navtech Seminars&GPS Supply,Inc., ION GNSS 2004 Tutorial Course 710

2. Dr. M. Elizabeth Cannon, “High Accuracy GPS Positioning Techniques & Applications I”, Navtech Seminars&GPS Supply,Inc., ION GNSS 2004 Tutorial Course 610A

УДК 621.396.96

Піроженко О.О.¹, Онищенко В.Ф.², Даниленко О.С.³

¹ старш. викл. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² канд. фіз.-мат. наук, доц. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ОПТИМІЗОВАНОГО SDR ПРИЙМАЧА

Виникла проблема ефективного використання наявного частотного ресурсу системами радіодоступу для надання абонентам інфокомунікаційних послуг з високою швидкістю доведення інформації та необхідною якістю.

Цю проблему частково вирішили системи з програмним ядром, що конфігурується, або архітектура програмно-конфігурованого радіо — Software Defined Radio (SDR), в якій функції фізичного рівня виконуються в програмному вигляді. Основні параметри задаються за допомогою програми, а пристрій має невеликий розмір та величезні функціональні можливості, але вміщається на одному кристалі.

Програмне управління апаратурою забезпечує кардинальне підвищення функціональних можливостей системи радіозв'язку шляхом підтримки адаптації (зміна швидкості передачі інформації, схеми кодування, схеми модуляції тощо) до параметрів каналу зв'язку, що змінюються, використання

спектрально-ефективних сигнально-кодових конструкцій, а також можливість переходу на інші дозволені частотні канали.

Завдяки використанню ПЛІС та високошвидкісного АЦП, можна зробити приймач, у якому навіть перенесення частоти «вниз» виробляється цифровим способом. Такий метод називається DDC (Digital Down Conversion). Використовуючи цю методику, можна спростити приймач, в якому єдиною аналоговою частиною стає АЦП.

Його основою є ПЛІС, головне завдання якого - "захопити" цифровий сигнал з АЦП, перенести його в область низьких частот, відфільтрувати та відправити результат на комп'ютер. Структурна схема реалізованого приймача наведена на рис.1.

Вся обробка сигналу після АЦП йде в ПЛІС. Потік даних з АЦП становить 200 Мбіт (10-bit x 20 MSPS). Передати такий потік безпосередньо в комп'ютер, а потім його ще й обробити дуже складно, тому частоту сигналу потрібно спеціально знизити, для цього використовують квадратурне перетворення частоти - сигнал перетворюють на комплексну форму (відбувається поділ на два канали I/Q). Перенесення на більш низьку частоту здійснюється шляхом множення вихідного сигналу на сигнал генератора.

Так як АЦП оцифровує тільки сигнали позитивного рівня, а сигнал з антени біполярний, сигнал доводиться зміщувати на половину опорної напруги. Штучно створена постійна складова потім віднімається вже з цифрового сигналу ПЛІС.

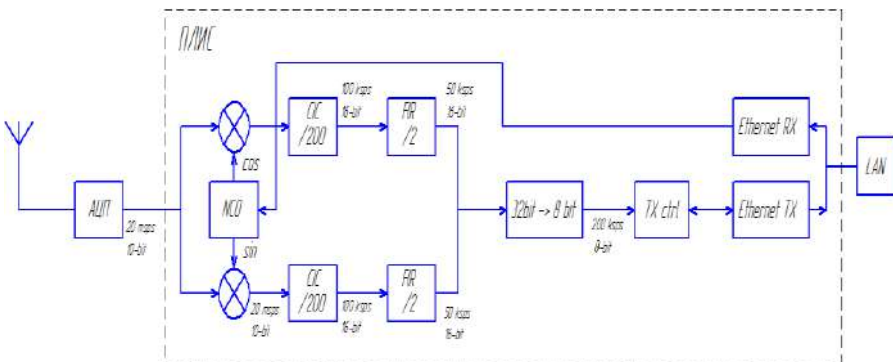


Рисунок 1 – Структурна схема розробленого SDR приймача

Для того, щоб переносити вхідний сигнал на потрібну частоту, її потрібно створити. Для цього використовується готовий компонент Quartus - NCO (numerically controlled oscillator). Подається значення, що визначає частоту, і на його виході формується цифровий синусоїдальний сигнал потрібної частоти, дискретизований з частотою 20 МГц. NCO здатний

паралельно формувати та косинусний сигнал, завдяки чому можна формувати квадратурний сигнал.

Після змішування з сигналом генератора з виходу помножувачів сигнал виходить на більш низьку частоту, але все ще з високою частотою дискретизації (20 MSPS). Сигнал потрібно децимувати, тобто відкинути частину вибірок не можна, оскільки це приведе до спотворення вихідного сигналу. Тому сигнал потрібно пропустити через спеціальний СІС-фільтр. У даному випадку ми отримували на виході приймача частоту дискретизації сигналу 50 кГц.

З цього випливає, що частота повинна бути знижена ($20 \cdot 10^6 / 50 \cdot 10^3 = 400$) разів. Децимацію довелося проводити у 2 етапи – спочатку у 200, потім у 2 рази. Перший етап виконує саме СІС-фільтр - було використано 5-каскадний фільтр.

В результаті роботи СІС-фільтр за рахунок зниження смуги сигналу збільшується розрядність вихідного сигналу. У приймачі було штучно обмежено її 16 бітами.

Оскільки каналів у приймачі два, те й фільтрів знадобиться також два.

Отриманий потік даних $((16+16)\text{bit} \times 50 \text{ KSPS} = 1.6 \text{ Mbit})$ потрібно передати на комп'ютер.

У початковому проєкті ПЛІС посилає на комп'ютер із заданою IP та MAC адресою певний UDP-пакет. Після переробки модуль Ethernet передавача міг передавати 1024 байти, зчитуючи їх із RAM. В результаті на комп'ютер в одному пакеті відправляються 256 пар 16-бітових значень сигналу взятого з виходів фільтрів. Так як дані надходять від АЦП безперервно, а відправляти їх на комп'ютер потрібно пакетами, то довелося реалізувати подвійну буферизацію пам'яті - в той час поки одна RAM заповнюється, дані з іншої RAM передаються по Ethernet. Після того, як перша RAM заповниться, обидві RAM «міняються місцями», за що відповідає досить простий модуль, що управляє.

Так як на виході фільтрів дані передаються потоком з пари 16 бітних величин, а Ethernet передаються окремі байти, то для перетворення потоків в конструкцію введений модуль, який перетворює потік 32 біт 50 KSPS в 8 біт 200 KSPS.

Як виявилось, якщо передавати потік даних зі швидкістю 1.6 Mbit, то пристрій, до якого підключено приймач, навіть не виявляє його (немає лінка). Це пов'язано з тим, що пакети даних при цьому передаються з періодом приблизно 5 мс, а для того, щоб повідомити інший мережний пристрій швидкість підключення (10 Mbit), потрібно кожні 8-24 мс передавати короткий спеціальний імпульс (NLP). Через високу частоту передачі пакетів, модуль Ethernet не встигає передавати ці імпульси, і Autonegotiation не відбувається.

Тому для того, щоб протилежний пристрій все ж таки міг визначити швидкість з'єднання, достатньо при включенні приймача тимчасово зменшити частоту передачі пакетів (у нашому випадку— в 4 рази), завдяки чому модуль Ethernet встигає передати імпульси NLP.

Для того, щоб керувати приймачем (встановлювати частоту налаштування), на нього потрібно передавати певну величину, яка використовуватиметься для визначення частоти NCO.

Для прийому цієї величини використовується компонент бібліотеки ExtIO (формат програми Winrad), модифікований для прийому даних, і видачі їх у вигляді 24 бітного числа. Оскільки модулі приймача і передавача не пов'язані друг з одним, то реалізувати ARP не можна, і це означає, що приймач нічого очікувати мати IP і MAC адреси. Надіслати інформацію на нього можна, якщо відправити в мережу ширококомовний пакет.

Фізично, як і у випадку з передавачем, мережний провід з'єднується з платою налагодження через трансформатор. Однак тут уже не можна підключатися до довільних висновків ПЛІС, оскільки сигнал є досить малим. Потрібно використовувати висновки, що підтримують інтерфейс LVDS, він є диференціальним.

Ресурси, що використовуються програмою ПЛІС:

- 5006 LE;
- 68 9-bit помножувачів (64 з них використовуються у FIR-фільтрі);
- 16,826 bit пам'яті (8 блоків M9K).

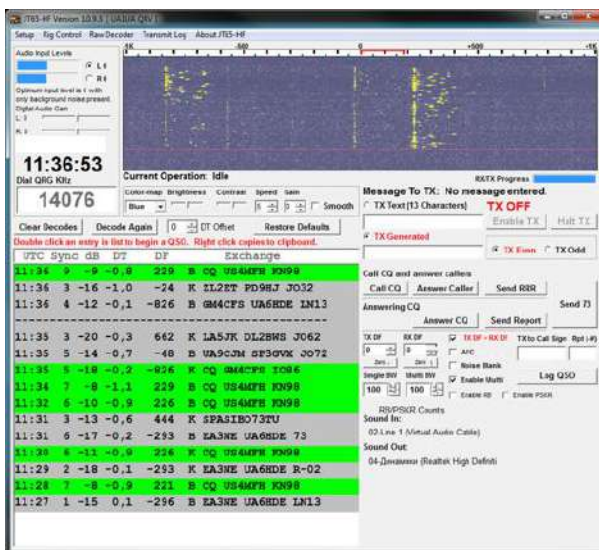


Рисунок 2 – Приклад прийому сигналу

Мінімальний помітний сигнал (MDS) становить приблизно -117 дБм. Типовий приймач зазвичай наближається до числа -120 дБм. Однак на нижніх ВЧ частотах, де домінують атмосферні та техногенні шуми, продуктивність достатня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Machado Fern'andez, "Software Defined Radio: Basic Principles and Applications", «*Revista Facultad de Ingenieria*», vol. 24, 01 2015, pp. 79–96.

УДК 004.4:621.391

Фурманова Н.І.¹, Мірошніченко В.В.², Гура Р.О.³

¹ канд. тех. наук, доц., декан ФІБЕК НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ АДАПТИВНОЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Адаптивна обробка сигналів застосовується у випадках, коли параметри фільтра неможливо прорахувати заздалегідь. Тобто відбувається постійна зміна умов фільтрації відповідно використання фільтрів з постійними коефіцієнтами недоцільно.

Метою виконання роботи є розробка алгоритму автоматизованого синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі даних, що враховує характеристики супутникової, радіорелейної та мобільної ліній зв'язку.

Цифрова обробка простіша в обслуговуванні і має більшу продуктивність у порівнянні з аналоговими підсистемами, а активний розвиток даної технології дозволяє постійно знижувати вартість таких пристроїв. Цими факторами пояснюється заміна аналогових блоків на цифрові в приймальній апаратурі.

Реалізація ідеального пристрою SDR в даний час неможлива через високу вартість такої системи та цілком відчутні обмеження технологій, що використовуються в основі систем SDR. Наприклад, існуючі цифрові сигнальні процесори недостатньо швидкі, щоб реалізувати всі функції радіо одночасно. Тому в даний час використовуються кілька бездротових платформ, що в тій чи іншій мірі відповідають факторам архітектури SDR.

Адаптивні системи поділяються на два види. Перший – без зворотного зв'язку. Його сутність полягає у вимірі параметрів вхідного сигналу, внесення даних до обчислювального алгоритму та застосування підсумкових

розрахунків для управління адаптивною системою. Другий - із зворотним зв'язком. Суть даного виду полягає у виявленні впливу на вихідний сигнал, автоматичних поправок даних, що використовуються для вдосконалення умов роботи системи.

При розгляді обох видів систем адаптації можна виявити, що процес можна вважати оператором або «спостерігачем», що проводиться. Параметр вхідного сигналу - корекційний критерій, властивий системі без зворотного зв'язку. А параметр вхідного сигналу та функцією вихідного сигналу є критеріями адаптації другого виду. Адаптація зі зворотним зв'язком рахунок складнішої структури не управляється і залежить від оператора. До обов'язків оператора входить контроль корекції пристрою обробки для збереження продуктивності роботи відповідно до певного критерію, тобто моніторинг даних. У реальних адаптивних системах цю функцію виконують адаптивні чи обчислювальні алгоритми.

Адаптація із зворотним зв'язком більш працездатною. Наприклад, якщо у програмі використовується спільне застосування квадратичних критеріїв помилки та помилки системи, яка не виконує тих чи інших умов. Цей вид адаптації забезпечує вибір раціональних компонентів у разі, коли фізичні величини непостійні чи неточні. Якщо ж є часткові пошкодження, то вона скоригує дані та оптимізує складову, яка була пошкоджена. Ці переваги підвищують безпеку використання системи.

Але оптимізація може стати невизначеним процесом за відсутності мінімумів або ж нестатичність процесу адаптації. Це і є недоліки адаптації із зворотним зв'язком. Але незважаючи на ці недоліки спосіб реалізації адаптації через введення функціонального зворотного зв'язку найбільш поширений і продуктивний.

Адаптивна фільтрація в даний час знаходить найбільше поширення в обробці сигналів. Розробка фільтра за критерієм найменшого квадрата (LMS) дала початок практичному застосуванню адаптивної фільтрації.

Запропоновані математичні моделі дозволяють здійснити розрахунок ймовірностей помилки від середнього відношення сигнал-шум для оптимальних фільтрів. Результати розрахунку для квадратурної амплітудної модуляції КАМ-16 -64 -256 при нерівномірностях АЧХ СФ 0; 0,5; 1; 2; 3 дБ ($\chi=1$) представлені рис.1-3.

3 робіт [2,3] ЕЕП розраховується за такою формулою:

$$\text{ЕЕП} = q(X, L) - q(0, L(M)), \text{ дБ, при } P_{\text{osh}} = \text{const}, \quad (1)$$

де X – нерівномірність АЧХ [дБ].

З вищеописаного сформовано процедуру оцінки впливу нерівномірності АЧХ СФ у демодулювальному пристрої на еквівалентні енергетичні втрати:

- вихідні дані: кратність модуляції (M) (позиційність сигнального сузір'я (L)), нерівномірність АЧХ СФ (X), можливість забезпечення системою заданої помилки на символ (P_{osh}), коефіцієнт нерівномірності сигнального сузір'я (χ);

- етап 1: розрахунок поправочного значення для заданих нерівномірності сигнального сузір'я та позиційності (кратності);

- етап 2: розрахунок ймовірності помилки на символ від середнього значення відношення сигнал-шум при проходженні заданого сигналу через ідеальний оптимальний фільтр демодулюючого пристрою з урахуванням поправочних значень;

- етап 3: розрахунок ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум при проходженні заданого сигналу через реальний оптимальний фільтр із заданою нерівномірністю АЧХ з урахуванням поправочних значень;

- етап 4: визначення ЕЕП з урахуванням ймовірності помилки на символ (P_{osh}), що висувається вимогами стандарту щодо забезпечення належної якості;

- результат: значення еквівалентного енергетичного програшу в оптимальному (узгодженому) фільтрі.

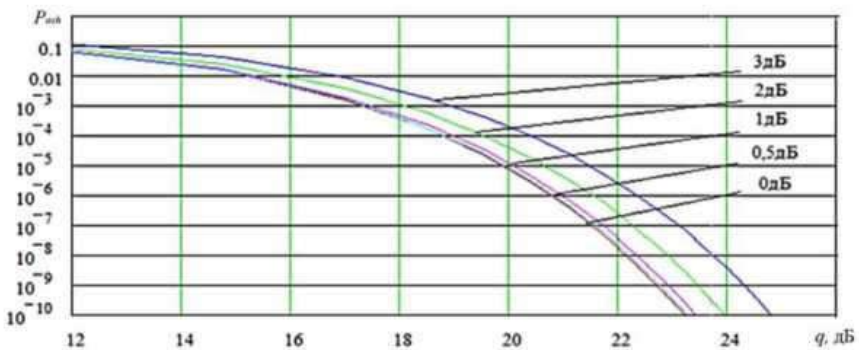


Рисунок 1 - Графік залежності ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра прийому сигналів з КАМ-16 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

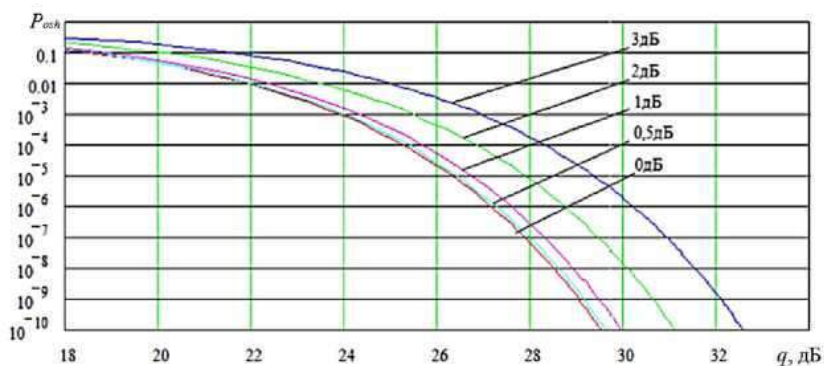


Рисунок 2 - Графік залежності ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра прийому сигналів з КАМ-64 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

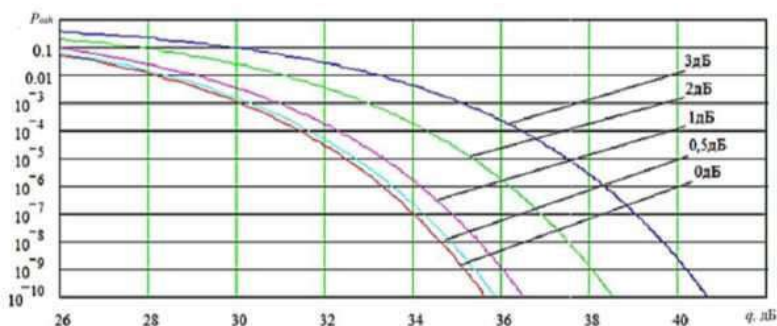


Рисунок 3 - Залежність ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра при прийомі сигналів з КАМ-256 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

У зв'язку з вищеописаним сформована процедура синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі, що враховує характеристики лінії зв'язку, за якою відбувається передача даних:

- вихідні дані: передбачуваний час роботи системи (N), тривалість інтервалу опитування (M), тип модуляції, кратність модуляції, коефіцієнт нерівномірності сигнального сузір'я (χ), ймовірність символної помилки (Posh);

- етап 1: визначення залишкового заряду акумуляторної батареї;

- етап 2: порівняння залишкового заряду із зарядом, необхідним для роботи системи;
- етап 3: визначення нерівномірності амплітудно-частотної характеристики радіо тракту, вільного обчислювального ресурсу, довжини імпульсної характеристики адаптивного фільтра;
- етап 4: визначення доцільності використання адаптивного фільтра шляхом порівняння рівня нерівномірності каналу радіотракту та рівня нерівномірності АЧХ фільтра;
- етап 5: синтез адаптивного фільтра.
- результат: адаптивний фільтр із необхідною довжиною імпульсної характеристики.

У результаті виконання роботи розроблено методику та алгоритм синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі даних з урахуванням характеристик лінії зв'язку, по якій здійснюється передача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дані конверсії спектра: АНО "Радіочастотний спектр". - URL: <https://rspectr.com/articles/510/kak-reshit-problemu-deficita-chastot>.
2. Список програмно-визначуваних радіостанцій. Wikimedia Foundation, Inc 2020. - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_software-defined_radios.

УДК 621.396.67 : 621.396.946

Фурманова Н.І.¹, Онуфрієв М.С.², Соколов М.О.³

¹ канд. тех. наук, доц., декан ФІБЕК НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ UHF АНТЕНИ ДЛЯ ПАСИВНОЇ RFID МІТКИ

Сьогодні зростає попит на надійну безпеку та управління активами в різних галузях. Одна з технологій, яка зробила цю концепцію життєздатною, відома як радіочастотна ідентифікація (RFID). Основна система RFID складається з трьох компонентів: носій даних (також званий тегом або транспондером), блок радіосканера (також званий зчитувачем) і антена. У порівнянні з традиційною автоматичною системою ідентифікації (наприклад, штрих-кодами), технологія RFID має багато переваг. При розробці рішення RFID головними міркуваннями є частота роботи, умови навколишнього середовища, загальна вартість, тип міток і спосіб досягнення заданої функції керування перемикачем.

Типова мітка складається з антени та мікрочіпа-передавача з внутрішньою пам'яттю. Антена генерує електромагнітну хвилю до мітки. Енергія електромагнітної хвилі живить мікросхему всередині мітки. Мітка використовує чіп для модуляції збережених даних, і модульовані сигнали відновлюються антеною, а потім надсилаються на блок зчитування для інтерпретації.

Трьома основними моментами дизайну мітки RFID є розмір антени мітки, відповідність імпедансу між антеною мітки та мікросхемою та екологічний фактор продуктивності антени мітки.

Антени є каналами для передачі даних між тегом і зчитувальним пристроєм. Конструкція та розміщення антени відіграє важливий фактор у визначенні зони покриття, дальності та точності зв'язку [1] [2].

Враховуючи умови навколишнього середовища мітки та порівнюючи властивості різних пасивних продуктів RFID на відкритому ринку, UHF RFID вирішено використовувати в рішенні UHF RFID (865 - 868 МГц).

Пасивна мітка UH113-MZ3 [3] розроблена компанією LAB-ID. Мітка має 96-бітну пам'ять EPC і оптимізовану продуктивність при прикріпленні до різних неметалевих матеріалів. Він також має дуже малий форм-фактор і хороший діапазон читання.

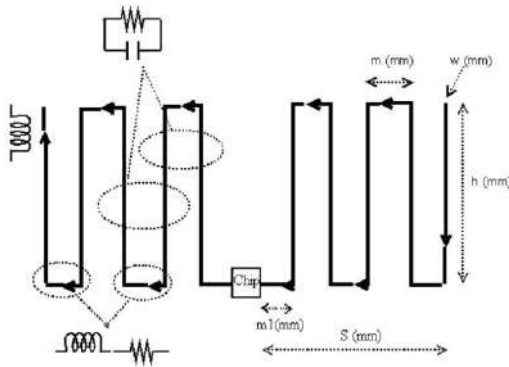


Рисунок 1 - Геометрія меандрової антени з кількома нерівними поворотами

У програмах RFID вхідний опір чіпа більше не становить 50 Ом або 75 Ом. Загалом, значення опору мікросхеми становить менше 100 Ом, а її реактивний опір становить від -300 Ом до -100 Ом. Це означає, що розроблений імпеданс антени-мітки також має бути комплексним значенням [4]. Складно розробити антену, яка матиме складний вхідний опір із такими обмеженнями, як малий розмір, низька вартість тощо.

Як запропоновано в [5], складаючи плечі двополюсної антени вздовж звивистої траєкторії, створюється конфігурація дроту з розподіленими ємнісними та індуктивними реактивними опорами, які глобально впливають на вхідний опір антени, див. рис. 1. З цього рисунка ми помічаємо, що як ємнісний, так і індуктивний реактивний опір взаємно компенсуються. Струми на суміжних вертикальних сегментах антени мають протилежні фази. Ці струми не виробляють жодної цінної випромінюваної потужності, за винятком втрат потужності та накопичення електричної енергії. Отже, резонансні частоти набагато нижчі, ніж у випадку прямого диполя такої ж довжини структури, за рахунок вузької смуги пропускання та низької ефективності. Горизонтальні лінії антени в основному контролюють опір випромінювання. На значення радіаційного опору впливає загальна горизонтальна ширина антени відносно резонансної довжини хвилі.

Щоб досягти бажаного опору антени, дуже важлива геометрична конфігурація меандрової антени.

Щоб досягти бажаної резонансної частоти, на яку впливають вказані вище параметри, використовується наступна методологія. Спочатку ми припустимо початкову модель. Розміри антени потрібно мінімізувати до 43 мм × 43 мм. При тій самій довжині конструкції 43 мм резонансна частота дипольної антени напівхвилі становить майже 3,5 ГГц, що набагато вище бажаної частоти 866,5 МГц. І ми також знаємо, що довжина половинної довжини хвилі дипольної антени на 866,5 МГц становить майже 173 мм. Отже, щоб зменшити резонансну частоту і зробити розмір малим, початкова кількість витків має бути достатньо великою. Встановлюється $N = 8 \times 2$. Довжина горизонтальних відрізків дорівнює один одному, $m = 1$ мм. Висота $h = 19$ мм. Навантажене положення $m1 = 1$ мм.

По-друге, три значення ($N = 16$ мм, $m = 1$ мм, $m1 = 1$ мм) є фіксованими. Нефіксована h змінюється в діапазоні від 14 мм до 24 мм. Результат моделювання показано на рис.2. Виявляємо, що при $h = 18,8$ мм імпеданс близький до бажаного значення.

І згідно з наведеним вище висновком, імпеданс також залежить від довжини горизонтальних сегментів. Тому всі інші параметри, крім довжини горизонтальних відрізків, фіксовані ($h = 18,8$ мм, $N = 16$, $m1 = 1$ мм), а структура витків більше не є регулярною. У дизайні ми моделюємо три різні довжини ($W1$, $W2$ і $W3$) замість однакової довжини (m). Структура така, як на рис.3. $W2$ дорівнює 2 мм. $W1$ змінюється з 2 мм на 4 мм, а $W3$ змінюється з 4 мм на 6 мм.

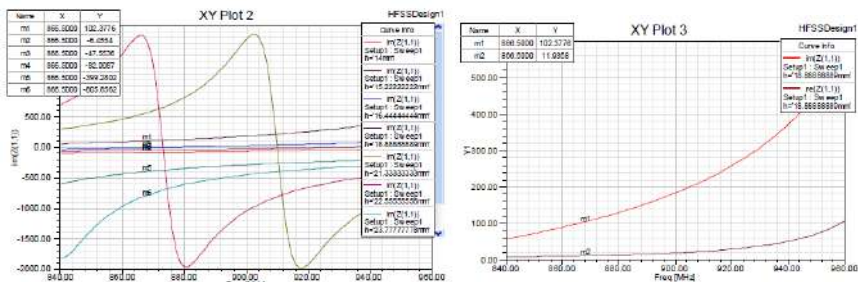


Рисунок 2 - Ліворуч наведено результат моделювання HFSS імпедансу антени від $h = 14$ мм до 24 мм; праворуч – результат моделювання при $h = 18,8$ мм

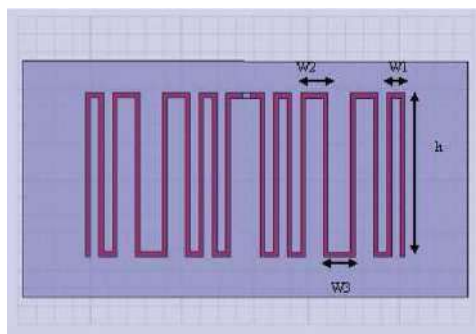


Рисунок 3 - Модель HFSS

Antenna Parameters:			
	Quantity	Value	Units
	Max U	0.0043691	W/sr
	Peak Directivity	1.5095	
	Peak Gain	0.78666	
	Peak Realized Gain	0.0073052	
	Radiated Power	0.036373	W
	Accepted Power	0.069794	W
	Incident Power	7.5158	W
	Radiation Efficiency	0.52115	

Рисунок 4 - Параметри антени

Змодельовані та проаналізовані результати показують задовільні зворотні втрати та ширину смуги. Змодельована діаграма спрямованості добре узгоджується з діаграмою типової планарної дипольної антени.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dr. P Sanghera, RFID+ Study Guide and Practice Exam, Syngress Publishing, Inc. 2007
2. B. Manish, M. Shahram, RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems, Prentice Hall PTR, 2005
3. Lab-id, data sheet of the passive RFID tag UH113, http://www.lab-id.com/datasheet/i_nlay_UH_F/UH600.pdf
4. P R. Foste, R. A. Burberry; Antenna problems in RFID systems, IEE Colloquium On RFID Technology, 1999
5. G Marrocco, Gain-Optimized Self-Resonant Meander Line Antennas for RFID Applications, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2003

УДК 621.372.543.3

Фурманова Н.І.¹, Худзій Б.С.², Яковенко В.В.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

³ д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ ТОПОЛОГІЇ МІКРОСМУЖКОВОГО С-ПОДІБНОГО ФІЛЬТРА

Мікросмужкові фільтри широко застосовуються у високочастотній техніці для виділення або придушення певних частот. Вони базуються на використанні мікросмужкових ліній передачі, що забезпечує компактність, низькі втрати та можливість інтеграції в друковані плати.

Мікросмужкові фільтри можуть бути легко виготовлені на діелектричній підкладці і забезпечують гнучке проектування схеми.

Традиційна топологія С-подібних мікросмужкових фільтрів – це фільтр другого порядку з асиметричною структурою. Фільтр складається з двох розімкнутих резонаторів у С-подібній конфігурації. Топологія такого фільтра показано на рис. 1. Такі фільтри застосовуються для створення смужових і загорджувальних пристроїв.

Основний елемент фільтра, виконаний з металу (наприклад, міді), який наноситься на діелектричну підкладку. С-подібна форма мікросмужки забезпечує потрібну характеристику фільтрації. Вибір матеріалу підкладки (наприклад, FR4, Rogers) впливає на електричні параметри фільтра, такі як

діелектрична проникність та втрати. Металевий шар на зворотній стороні підкладки забезпечує заземлення а екранування мікросмужкового фільтра.

C-подібний мікросмужковий фільтр діє за принципом резонансу та інтерференції. Мікросмужка формує резонансні контури, які створюють фільтраційний ефект. Низькі та високі частоти сигналу, які не знаходяться у пропусковому діапазоні фільтра, гасяться через створення інтерференційних умов у мікросмужці.

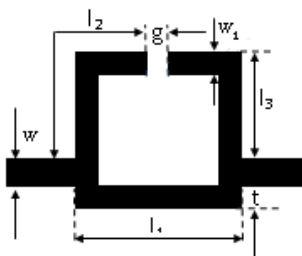


Рисунок 1 – Геометрія C-подібного мікросмужкового фільтра

Частотними характеристиками даного фільтру можна керувати, змінюючи параметри, такі як розмір резонатора, плечей, положення ліній живлення тощо.

В якості критеріїв для оптимізації були обрані такі характеристики:

- розмір резонатора g ;
- ширина мікросмужки w_1 ;
- положення ліній живлення t .

В результаті була отримана велика вибірка даних, серед яких було досліджено АЧХ добре узгоджених фільтрів. Результати досліджень наведені на рис.2-4.

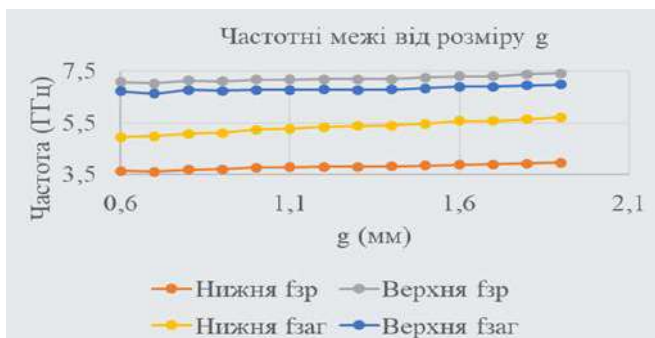


Рисунок 2 – Зміна частотних меж C-подібного мікросмужкового фільтра в залежності від розміру g

Як видно на графіках, по-перше, ширина смуги загородження зменшується зі збільшенням g , що свідчить про покращення селективності системи. По-друге, межі зрізу й загородження зсуваються вгору, але нижня частота загородження зі більшим темпом. Це свідчить про зменшення крутизни зрізів фільтра.



Рисунок 3 – Зміна частотних меж С-подібного мікросмужкового фільтра в залежності від розміру w_1

При збільшенні ширини мікросмужкової лінії w_1 ширина смуги загородження збільшується, як і крутизна зрізів фільтра.

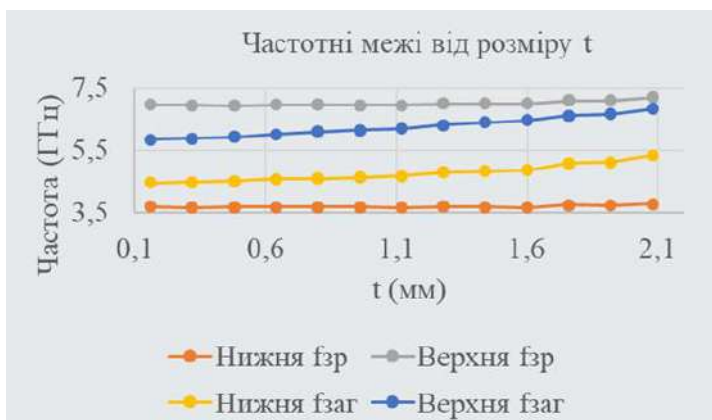


Рисунок 4 – Зміна частотних меж С-подібного мікросмужкового фільтра в залежності від розміру t

В результаті дослідження положення ліній живлення можна зробити наступні висновки. По-перше, ширина СЗ збільшується, але з меншим темпом, ніж зміна ширини мікросмужкової лінії. По-друге, зі збільшенням відстані ліній живлення від нижнього краю топології, то крутизна нижнього зрізу зменшується, а верхнього – збільшується.

На основі дослідження залежності частотних характеристик С-подібного мікросмужкового фільтра від розмірів його ключових параметрів (g , w_1 , t) можна зробити наступний висновок. Оптимізація параметрів g , w_1 і t дозволяє регулювати селективність, ширину смуги загородження та крутизну зрізів фільтра, що є важливим для адаптації його характеристик до конкретних технічних вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Boutejdar, S. D. Bennani. Design and fabrication of tri-stopband bandstop filters using cascaded and multi-armed methods. / Advanced Electromagnetics, - 2017. – N 6.3, pp. 18-24.

УДК 621.396.674.1

Фурманова Н.І.¹, Деркач Д.В.², Магльованний В.А.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

³ асп. НУ «Запорізька політехніка»

ПЛАНАРНІ МІКРОСМУЖКОВІ АНТЕНИ

Мікросмужкові антени (МСА), виготовлені за технологією ІС, забезпечують високу повторюваність розмірів, низьку вартість, малу металоемність, габаритні розміри, масу.

Планарні мікросмужкові антени – являють собою типи антен, які виготовляються на плоских підкладках, таких як плати з мікросмужковими структурами. Вони використовуються для передачі та отримання радіосигналів у бездротових комунікаційних системах. Ці антени мають компактні розміри, високу ефективність та можуть бути легко інтегровані в мікроелектронні пристрої, такі як смартфони, медичні пристрої, безпілотні літальні апарати та інші пристрої інтернету речей.

Типи планарних мікросмужкових антен, які використовуються залежно від конкретних потреб і вимог системи, наведено найрозповсюджені з них:

- прямокутні мікросмужкові антени - це один з найпоширеніших типів планарних антен, що складаються з прямокутної мікросмужки. Вони можуть бути одиночними або складними з декількох мікросмужок;

- круглі мікросмужкові антени - такі антени мають форму кола або диска і часто використовуються в аплікаціях, де потрібне кругле або сферичне випромінювання сигналу;

- планарні спіральні антени - ці антени мають спіральну форму і зазвичай використовуються у височастотних діапазонах, таких як GPS та супутникові комунікації;

- планарні антени з подвійним полюсом (Dipole Antennas) - вони складаються з двох провідників, які розташовані паралельно на плоскій підкладці;

- планарні антени з використанням розсіювачів (Scattering Antennas) - ці антени використовують мікроструктури, що розсіюють сигнал, для отримання бажаної діаграми напрямленості та характеристик випромінювання;

- планарні фазові антени - використовують елементи змінної фази для створення бажаної діаграми напрямленості та керування напрямком випромінювання.

- планарні антени з дефектом ґрунтової структури (DGS) - вони використовують вирізи або отвори в провідному шарі підкладки для створення резонансних ефектів, що дозволяють формувати бажану діаграму напрямленості та керувати характеристиками випромінювання.

Було обрано розробити патч-антену на 6 ГГц. Частота 6 ГГц обрана через її актуальність для сучасних бездротових систем зв'язку, таких як Wi-Fi 6E, 5G NR (New Radio), а також для перспективних застосувань у системах IoT (Internet of Things) і промислових мережах. Цей діапазон забезпечує високу швидкість передачі даних, кращу пропускну здатність і мінімізує інтерференцію, що робить його привабливим для сучасних комунікаційних технологій.

Основу антени створено шляхом масштабування існуючої патч-антени, оскільки цей метод дозволяє швидко адаптувати вже розроблену структуру до нової робочої частоти. Масштабування базується на співвідношенні геометричних параметрів антени та робочої довжини хвилі, що забезпечує простоту та точність початкового проектування. Такий підхід також дозволяє зберегти основні електромагнітні характеристики антени, зменшуючи кількість початкових обчислень і експериментів.

Після чого було додано DGS (Defected Ground Structure) для покращення характеристик антени, що є сучасним підходом до модифікації земної площини для досягнення кращих електромагнітних властивостей. DGS полягає у внесенні дефектів (вирізів, отворів або інших структурних змін) в основу антени.

Основні переваги додавання DGS:

- зниження міжмодової інтерференції - DGS створює контрольовані перешкоди для струмів на земній площині, що покращує ізоляцію між частотами;
- збільшення пропускну здатності - дефекти змінюють імпеданс антени, що дозволяє розширити робочий діапазон частот;
- поліпшення коефіцієнта підсилення - завдяки кращому фокусуванню енергії радіохвиль, досягається підвищення ефективності випромінювання;
- зниження втрат зворотного випромінювання - DGS сприяє зменшенню небажаного випромінювання в напрямках, відмінних від основного променя, покращуючи спрямованість;
- зменшення габаритів антени - включення DGS дозволяє зберігати або покращувати характеристики антени, використовуючи менші розміри підкладки.

Додатково, використання DGS допомагає чітко налаштувати параметри антени для роботи у вузькому частотному діапазоні, зменшуючи ефект від паразитних резонансів. Цей підхід робить антену більш ефективною для сучасних комунікаційних систем.

Проведена параметризація зворотних отворів у шарі міді товщиною 0.005мм. Змінювалися 2 параметри ширина(x) та довжина отвору(y), при цьому довжина була фіксована для полегшення оптимізаційної задачі.

Було проведено два дослідження. Топологія першої антени наведена на рис. 1, отримана частотна характеристика – на рис. 2.

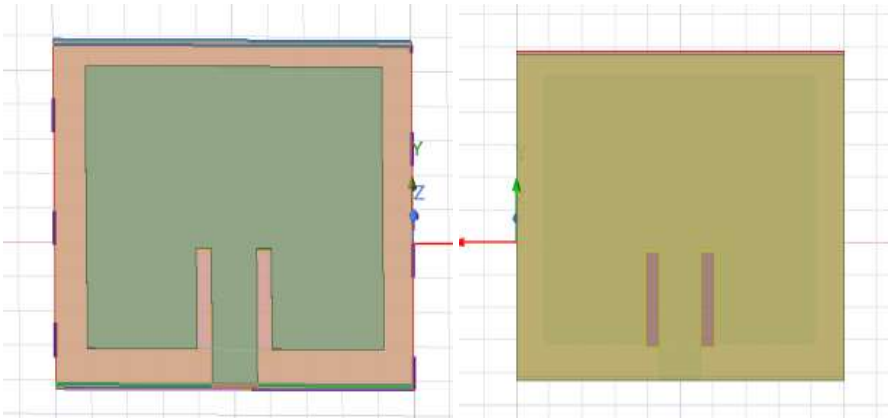


Рисунок 1 – Топологія першої DGS антени (вид зверху і знизу)

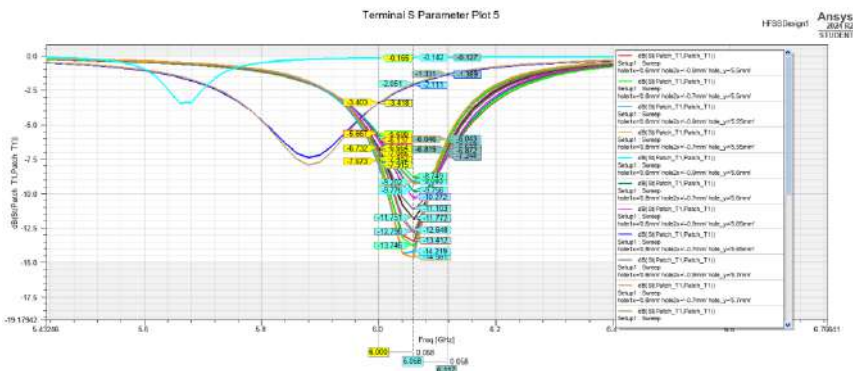


Рисунок 2 – S параметри першої DGS антени

Аналіз частотної відповіді показав наступне.

Частотний діапазон та аттенуація (загасання) - у ході аналізу було виявлено, що аттенуація антени в певному частотному діапазоні залишається стабільною в межах -5 до -7 дБ до досягнення частоти 5.9 ГГц. Це вказує на стабільну роботу антени в пасмовому (ширина смуги пропускання) діапазоні, де виріз у екрануючому шарі сприяє зниженню втрат сигналу.

Вплив ширини вирізу на частотну характеристику: Розмір та форма вирізу в екрануючому шарі можуть впливати на частотні характеристики антени. Зазвичай, збільшення ширини вирізу призводить до зменшення частоти резонансу антени, а також одночасно зі зниженням резонансної частоти може змінюватися і форма частотної характеристики. В цьому випадку, антенна система демонструє стабільну частотну відповідь до частоти 5.9 ГГц, після чого спостерігається значне зростання аттенуації, що вказує на відсічення.

Підсилювальна здатність для патч-антени з DGS є в межах -5 до -6 дБ для частот до 5.8–5.9 ГГц. Після цієї частоти зростає ослаблення сигналу, що може бути пов'язано з фільтраційними властивостями вирізу в екрануючому шарі, який виявляє підвищену аттенуацію на вищих частотах.

Смуговий діапазон патч-антени з DGS охоплює частоти від 5.5 ГГц до 5.9 ГГц, з підсиленням в межах -5 до -6 дБ. Після частоти 5.9 ГГц відбувається різке збільшення аттенуації, а саме антена виходить за межі свого робочого діапазону, де ефективність її узгодження і випромінювання знижується.

Ширина вирізу в екрануючому шарі має вирішальний вплив на характеристики антени, визначаючи її резонансну частоту та пропускну здатність у вибраному діапазоні частот.

Топологія другої антени наведена на рис. 3, отримана частотна характеристика – на рис. 4.

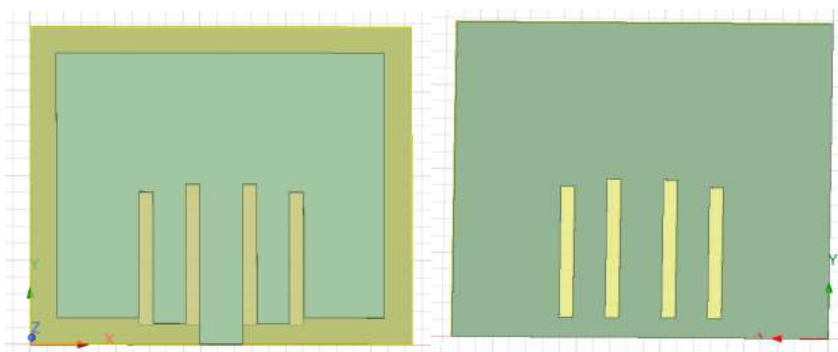


Рисунок 3 – Топологія другої DGS антени (вид зверху і знизу)

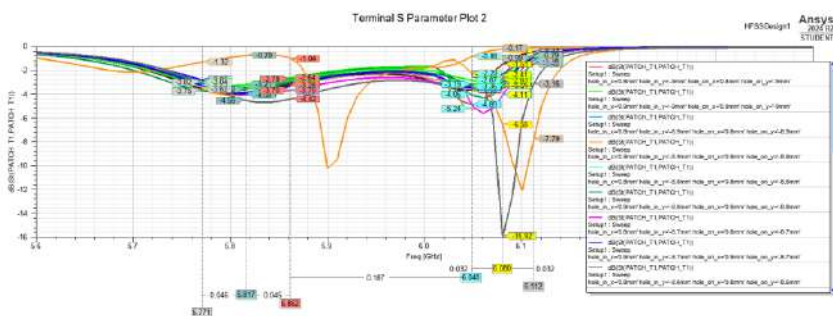


Рисунок 4 – S параметри другої DGS антени

Аналіз параметрів S для патч-антени DGS з чотирма отворами показав, що ефективна робота антени спостерігається в діапазоні частот 5.7–6.0 ГГц. Значення коефіцієнта відбиття (S11) у цьому діапазоні коливається від -2.85 до -3.75 дБ залежно від геометричних параметрів X1 і Y, що свідчать про недостатнє узгодження.

Зміна геометричних параметрів суттєво впливає на характеристики. При значеннях Y від -9 мм до -8 мм і X від 0.8 до 0.9 мм забезпечується зниження втрат сигналу. Зокрема, мінімальні значення коефіцієнта відбиття спостерігаються при Y=-8.2 і X=0.9.

У діапазоні частот вище 6.0 ГГц коефіцієнт S11 різко зростає, що вказує на межу ефективної роботи антени. Зростання втрат сигналу пояснюється ефектом вирізу в екрануючому шарі, що створює фільтраційні властивості та обмежує пропускну здатність.

Дослідження показали, що при частоті 6.612 ГГц спостерігається найвищий рівень втрат, який досягає -15.92 дБ, що є хороший показник узгодження, але в не релевантному для роботи антени. Оптиміальними характеристиками виявляється стабільність роботи антени при частотах до 6.0 ГГц з мінімальними втратами.

Результати аналізу дозволяють зробити висновок, що геометричні параметри вирізу в екрануючому шарі мають вирішальний вплив на робочий діапазон частот та ефективність передачі сигналу. Оптимізація параметрів X і Y сприяє покращенню характеристик антени для використання у високочастотних системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vincenti Gatti, R.; Rossi, R.; Dionigi, M. Single-Layer Line-Fed Broadband Microstrip Patch Antenna on Thin Substrates. Electronics 2021, 10, 37. <https://doi.org/10.3390/electronics10010037>

УДК 621.391.8

Маслов О.О.¹, Кабак В.С.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПСЕВДОШУМОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Радіотехнічні системи (РТС) є основою сучасних інформаційних технологій, забезпечуючи передачу даних у телекомунікаціях, навігаційних системах, військових і космічних програмах. Проте ефективність таких систем часто обмежується завадами різної природи — від природного шуму до штучно створених сигналів перешкод. Зменшення їхнього впливу є критично важливим для підвищення надійності та точності роботи РТС. Одним із ключових елементів боротьби із завадами є використання псевдошумових послідовностей (ПШП), які широко застосовуються для кодування, синхронізації сигналів та забезпечення розділення користувачів у багатоканальних системах. Однак класичні методи їх формування мають обмеження, що знижують ефективність роботи систем у складних умовах. У цьому дослідженні запропоновано вдосконалений підхід до створення ПШП із покращеними автокореляційними властивостями. Основна проблема, яка обмежує ефективність традиційних ПШП, полягає у високому рівні бічних пелюсток автокореляційної функції (АКФ). Це призводить до перекриття корисного сигналу та завад у приймачі. У вдосконаленому алгоритмі акцент

зроблено на зменшенні рівня бічних пелюсток АКФ для зменшення перешкод від інших сигналів. Використанні нелінійних перетворень для збільшення ортогональності між послідовностями. Наприклад, в експериментах було виявлено, що новий підхід дозволяє знизити відношення бічних пелюсток до основної приблизно на 40% порівняно з послідовностями Гольда. Це забезпечує більш точне виділення сигналу навіть за високого рівня завад. Ключовим методом, застосованим у дослідженні, є нелінійне перетворення послідовностей, яке динамічно адаптується до умов середовища. Такий підхід дозволяє отримати більшу варіативність послідовностей без погіршення їхніх спектральних властивостей. Розроблений алгоритм тестувався у моделюванні роботи радіотехнічної системи в умовах сильних завад. Основні результати Зниження рівня завад. У класичних послідовностях, таких як Гольд чи Касамі, відношення бічних пелюсток АКФ до основної становить близько 0.3. У новому алгоритмі це значення вдалося знизити до 0.18. Точність прийому сигналу. При моделюванні системи з рівнем сигнал/шум (SNR) 10 дБ і використанні нових послідовностей частота помилок зменшилась на 15% порівняно з класичними підходами. Ефективність багатокористувацької роботи. Завдяки покращеній взаємній кореляції між послідовностями вдалося збільшити кількість одночасних користувачів у системі без погіршення якості зв'язку. Ці результати підтверджують, що вдосконалений алгоритм є перспективним рішенням для застосування у складних умовах роботи радіотехнічних систем. Практичне значення запропонованого методу формування ППП може знайти застосування у багатьох сферах, зокрема, у системах мобільного зв'язку (4G, 5G), де важлива висока спектральна ефективність, у навігаційних системах, таких як GPS або ГЛОНАСС, для підвищення точності визначення координат у військових і космічних технологіях, де необхідно забезпечити стійкість сигналу до навмисних завад. Використання вдосконалених ППП дозволяє знизити витрати на передачу енергії, збільшити пропускну здатність систем і підвищити їхню стійкість у завадовому середовищі. Висновки роботи наступні. Розроблений новий метод формування псевдошумових послідовностей із покращеними автокореляційними властивостями відкриває широкі перспективи для підвищення ефективності та завадозахищеності радіотехнічних систем. Завдяки зниженню рівня бічних пелюсток автокореляційної функції та впровадженню нелінійних перетворень вдалося досягти значного покращення параметрів системи. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію алгоритму для широкосмугових систем і перевірку його ефективності у польових умовах.

ОПТИМІЗАЦІЯ АРХІТЕКТУРИ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПЕРЕДАЧІ МЕДІАКОНТЕНТУ

У сучасному світі медіаконтент, такий як аудіо, відео чи зображення, займає важливе місце в повсякденному житті більшості людей. Однак бездротова передача таких даних у робототехнічних системах, особливо у високій якості, може створювати певні труднощі. Наприклад, великі файли можуть передаватися тривалий час, бути пошкодженими під час передачі або займати надто багато пам'яті.

Застосування нейронних мереж для зберігання, передачі та відновлення медіаконтенту є перспективним підходом, оскільки дозволяє оптимізувати процеси шляхом компромісу між якістю і ресурсами. Однак вибір оптимальної структури нейронної мережі для виконання конкретних завдань залишається відкритим питанням.

Існує поширена думка, що збільшення кількості нейронів у нейронній мережі автоматично покращує її результати. Однак експериментальні дослідження показують, що це твердження має свої винятки.

Розробка програми, яка дозволяє тестувати різні архітектури нейронних мереж за однакових умов, відкриває можливість легко визначати найефективнішу структуру. Крім того, спростування міфу про те, що більше нейронів завжди означає кращу ефективність, може змінити підхід до оптимізації роботи нейронних мереж. Доведення того, що компактна нейронна мережа може досягати тих самих результатів, що й більша, сприятиме значній економії ресурсів та часу.

Для бездротової передачі даних у робототехнічних системах може бути використана нейронна мережа типу «автокодувальник» (рис. 1). Вона дозволяє не лише відтворювати передану інформацію, але й виконувати її обробку, видалення шумів, зменшення розміру, кодування тощо.

Особливістю автокодувальника є те, що кількість нейронів у вхідному шарі відповідає кількості нейронів у вихідному. Це забезпечує можливість отримання результату, схожого на оригінальні дані, навіть за умови зменшення їх обсягу або попередньої обробки.

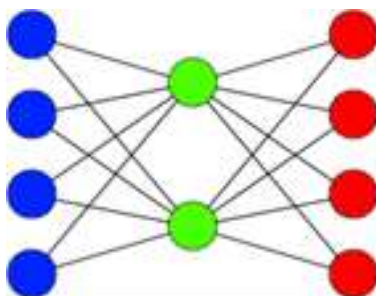


Рисунок 1 – Приклад автокодувальника

Окрім вхідного та вихідного шарів, автокодувальник містить також приховані шари, структура яких може значно варіюватися. Дослідження різних архітектур таких нейронних мереж є не лише цікавим, але й надзвичайно корисним процесом, що здатний принести суттєву вигоду будь-якій зацікавленій компанії.

2 СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОБОТОТЕХНІКА ТА БЕЗПІЛОТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 004.896:37.018.43

Andreiev Anton¹, Sotnik Svitlana.²

¹ student AKTCI-21-2 NURE

² assistant professor of CITAR, NURE

COMPARATIVE ANALYSIS OF ROBOTICS PLATFORM: WEBOTS, COPPELIASIM AND GAZEBO

Rapid progress in field of robotics creates new challenges and need to implement modern methods aimed at developing competencies in field of latest technologies [1-5]. In modern world, robotics is becoming one of key industries. The rapid introduction of robotic systems in industry, medicine, logistics, and many other areas requires careful planning, design, and testing of these systems [1-5]. One of most important tools for this is robotics platforms (simulators) that allow you to reproduce complex robot scenarios in virtual environment.

The problem is that there are large number of platforms, each with its own unique capabilities, but not all of them are suitable for specific tasks or types of robots. The relevance of using simulation platforms is driven by need to reduce risks in development of robotic systems, optimize testing processes, and reduce cost of creating physical prototypes. In addition, simulators allow engineers to experiment with different configurations and scenarios, which significantly speeds up development process and improves quality of final product.

The need to choose right simulator makes it important to conduct comparative analysis of different platforms to choose most effective one for solving specific engineering problems. This approach not only saves resources but also increases reliability and functionality of robotic systems. Robotic modeling is creation of physical prototypes at early stages of development. This allows you to identify potential problems and optimize design before mass production begins. However, creating physical prototypes can be expensive and time-consuming process, which emphasizes importance of using simulators effectively to minimize number of physical prototyping iterations.

This study focuses on comparative analysis of three leading robotics simulators: Webots, CoppeliaSim, and Gazebo. The aim of study is to comprehensively examine and evaluate capabilities of these platforms for solving various tasks in field of robotics.

Let's start with CoppeliaSim, formerly known as V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform), which is one of best choices for modeling and

developing robotic systems at various stages of their creation. This platform is designed to model, test, and optimize robotic systems in virtual environment.

The advantage of CoppeliaSim platform is ability to simulate many robots simultaneously, which is extremely useful for developing complex robotic systems such as multitasking robotic systems or autonomous vehicles. CoppeliaSim supports integration with other software tools, such as ROS (Robot Operating System), which expands its capabilities in context of developing complex robotic systems.

Next, let's take look at Gazebo, powerful and widely used robotics modeling platform. Gazebo is known for its ability to provide accurate physical simulation and realistic environment reproduction, making it ideal tool for testing and developing complex robotic systems. One of the main advantages of Gazebo is its tight integration with ROS. Gazebo also supports simulation of large number of robots and sensors simultaneously, which allows you to reproduce complex scenarios such as cooperative work of several robots or navigation in dynamic environments. In addition, platform supports customization and addition of new physical models, which provides high flexibility for different types of robots and their operating conditions. Another important feature of Gazebo is its ability to work in real time, which allows testing robot control algorithms and responses to changes in environment in much same way as it would happen in real life.

Let's move on to analysis of Webots, another popular platform in field of robotics modeling, which is distinguished by its versatility and powerful capabilities for modeling robotic systems. Webots supports simulation of variety of robotic platforms, including ground, aerial, and underwater robots. One of main advantages of Webots is its user-friendly interface, which allows users to easily create and modify three-dimensional models of robots and their environment. Webots also has large library of ready-made robot models and environments, which greatly simplifies modeling process and allows you to focus on developing algorithms and robot behavior. Comparison of key characteristics shown in Table 1.

Table 1 shows that CoppeliaSim is notable for its versatility, in particular due to its support for multiple physics engines and powerful graphical interface. Although it has high entry threshold, which can be challenge for beginners, its integration with ROS makes it attractive choice for professionals. Gazebo has highest level of integration with ROS and active community, making it ideal choice for users working with ROS. Webots is suitable for educational purposes due to its ease of use and intuitive interface, but its capabilities for extending and integrating with ROS are somewhat limited compared to other platforms. Our comparative analysis of robotics platform in Fig. 1.

This work provides in-depth analysis of three popular robotics platforms: Webots, CoppeliaSim (formerly known as V-REP), and Gazebo. The study

includes detailed overview of each simulator characteristics, their capabilities and limitations.

Table 1 – Comparison of key robotics platform characteristics

Platform/ characteristics	CoppeliaSim	Gazebo	Webots
Integration with ROS	Full integration	Full integration	Integration at average level
Ease of use	High entry threshold, but great opportunities	Average entry threshold	High, especially for educational purposes
Graphical interface	Intuitive and rich in features. Flexible interface with many customizable windows.	Simple, focused on efficiency. Minimalistic interface focused on 3D visualization.	Simple, focused on efficiency. Minimalistic interface focused on 3D visualization.
Licensing	Commercial and free versions	Open source (Apache 2.0)	Commercial version, free for academic use
Modeling of sensors	Variety of sensors with high level of customization.	Wide range of sensors with possibility of expansion.	Large number of ready-made sensors.
Modeling of physics	Bullet, ODE, Newton, Vortex	Bullet, DART, ODE, Simbody	Bullet, ODE.
Supported operating systems	Windows, macOS, Linux	Windows, Linux, macOS (through WSL)	Windows, macOS, Linux
Support for programming languages	C/C++, Java, Python, Lua	C++, Python, ROS	C, C++, Java, Python, Matlab

A comparative analysis of key aspects of these platforms is carried out. In addition, paper highlights specifics of each simulator in terms of robots types that can be modeled, environment creation capabilities, simulation speed and accuracy, and their applications in education and research. This study will provide users, both students and professionals, with valuable information to select most appropriate simulator for their specific needs and objectives. Understanding strengths and limitations of each platform will help to optimize workflow, increase development

efficiency, and provide more accurate simulation results in various areas of robotics.

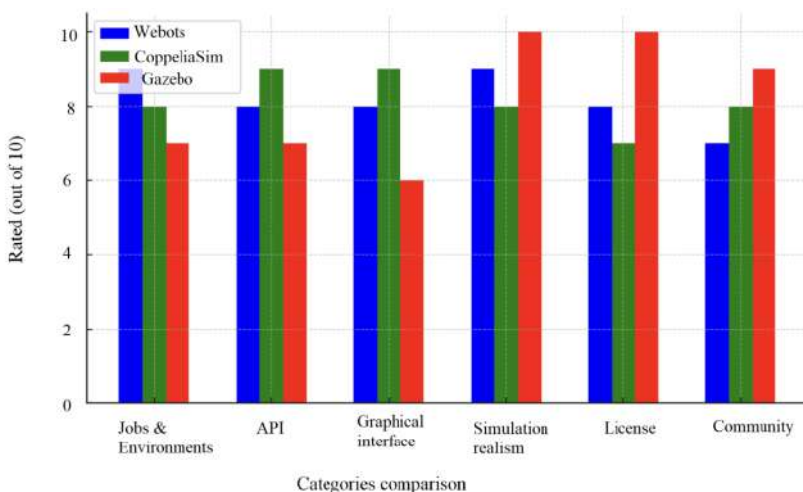


Figure 1 – Comparative analysis of robotics platform

In addition, paper provides recommendations for choosing simulator for different tasks, which can greatly facilitate decision-making process for users with different levels of experience and different purposes for using robotics platforms.

Webots is characterized by ease of use and good performance. CoppeliaSim offers most flexibility and customization options. Gazebo stands out for its close integration with ROS and open source. The choice of platform depends on specific project objectives, user experience, and integration requirements with other systems. Each of platforms in question has its own strengths and may be best choice depending on specifics of application.

REFERENCES

1. S. V. Sotnik, “Analysis of searching methods for explosive objects using information technology and computer modeling,” *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 18-19 квітня 2024 р. 2024*, pp. 20-22.
2. S. V. Sotnik, “Safe cobots in development of industrial robotics. Diss. Barca Academy Publishing,” *The 8th International scientific and practical conference “European scientific congress”*. 2023, pp. 201-205.

3. S. V. Sotnik, "Modeling design of mobile robotic platform," *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 18-19 квітня 2024 р.* 2024, pp. 481-482.

4. I. C. Зарубін, "Ефективність використання роботизованих систем у виробництві," *Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали І-ої Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2024 (CITAR-2024).* 2024, pp. 150-153.

5. V. Lyashenko, et al., "Modern walking robots: a brief overview," *International Journal of Recent Technology and Applied Science.* 2021, vol. 3(2), pp. 32-39.

УДК 621.3.095.2

Gurin Dmitro¹

¹ senior teacher at Kharkiv National University of Radio Electronics

KEY FEATURES AND DIFFERENCES BETWEEN INDUSTRY 5.0 AND INDUSTRY 4.0

Industrial revolutions play a key role in shaping modern society and its economy. With each new stage of technological change, industry has undergone significant transformations that have affected not only production processes but also society as a whole. In the 21st century, these changes have become more dynamic, and we are gradually moving from Industry 4.0 to Industry 5.0. But what is this new industrial revolution and what are its differences from the previous one?

This article analyzes the concepts of Industry 4.0 and 5.0, their key differences, technological innovations, and the impact on the human factor and the global economy.

Industry 4.0, or the fourth industrial revolution, is a concept that involves the integration of cyber-physical systems into production processes. The main components of Industry 4.0 are the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), autonomous systems, robotics, and automation. Industry 4.0 aims to create smart factories where machines, systems and people work together to optimize productivity and reduce costs [1].

Key characteristics of Industry 4.0:

- increase the use of robots and automatic systems to perform routine tasks;
- creation of virtual copies of physical objects, which allows you to model and control their functioning;
- connecting devices and systems to a single network that allows you to transfer and analyze data in real time;
- big data analysis for decision-making in automated systems;

- combining all technologies to create production facilities that adapt to changes in demand, settings, and other factors.

Industry 5.0 is emerging as a response to challenges that cannot be solved by automation and robotics alone. It is more focused on human-machine collaboration and new social needs. According to this concept, technologies should work together with people, enhancing their abilities, rather than completely replacing them [2].

The main characteristics of Industry 5.0:

- the key emphasis is on people, where technology is used to improve working conditions, provide greater flexibility and creativity;
- the use of robots working alongside humans to improve the efficiency and quality of production.
- more attention to environmental and ethical aspects of production.
- Industry 5.0 technologies enable mass production of individualized products.
- the industry is focused on environmentally sustainable production with minimal negative impact on the environment.

The main differences between Industry 4.0 and Industry 5.0 [3]:

1. Automation versus human-centeredness;

Industry 4.0 focuses on maximizing the automation of production processes, where robots, control systems, and artificial intelligence play a major role. In this model, humans act as process supervisors, but their involvement is limited. In Industry 5.0, on the other hand, the focus is on human-machine collaboration. Robots and AI assist humans, but do not replace them completely.

2. Mass production versus personalization;

One of the goals of Industry 4.0 was to improve processes for the mass production of high quality goods. Industry 5.0, on the other hand, emphasizes the personalization of products to meet the individual needs of consumers. This is made possible by combining technology with human creativity.

3. Data protection and ethical issues [4];

Industry 4.0 actively uses big data to automate and optimize production processes, but this raises questions about data privacy and security. Industry 5.0 takes these issues to a new level by focusing on the ethical aspects of using technology, protecting privacy, and considering the social impact of new systems.

4. Environmental awareness;

While Industry 4.0 sought to improve production efficiency, environmental aspects were not a central theme of this revolution. Instead, Industry 5.0 puts sustainability and environmental issues at the forefront, emphasizing the use of energy-efficient and environmentally friendly technologies.

5. Creativity and innovation;

While Industry 4.0 focuses on automation and the use of algorithms to optimize processes, Industry 5.0 opens up new opportunities for human creativity. Robots and artificial intelligence are becoming tools that help people implement new ideas, create customized products, and innovate faster.

Let's take a closer look at the technologies that distinguish Industry 5.0 from 4.0.

Collaborative robots (Cobots). In Industry 5.0, robots do not just work autonomously, as was the case in Industry 4.0, but interact with people to help them complete tasks. Such robots are created to work together with people, which increases the efficiency of processes and allows combining machine power and human creativity [5].

Human-machine interfaces. In Industry 5.0, special attention is paid to the creation of simple and understandable user interfaces that allow for effective interaction with technology. These can be voice commands, gestures, or other natural forms of communication.

Neural networks and AI in decision-making. Artificial intelligence in Industry 5.0 not only analyzes data but also makes decisions based on neural networks that can learn and adapt to new conditions.

Biotechnology and nanotechnology. Compared to Industry 4.0, where the emphasis was on digital technologies, Industry 5.0 integrates new fields of science, such as biotechnology and nanotechnology, to create innovative materials and solutions.

The transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 also has significant social implications. First, in Industry 4.0, fears arose that mass automation would lead to job losses as machines replaced human labor. Industry 5.0, however, seeks to change this perception by emphasizing human-machine collaboration, which creates new opportunities for workers [6].

In addition, Industry 5.0 raises the issue of social responsibility of business. This means that companies must not only optimize production but also take into account the impact of their actions on society and the environment.

To summarize, Industry 4.0 and Industry 5.0 are different stages of development of modern production, each with its own unique characteristics. Industry 4.0 focuses on automation, artificial intelligence, and robotics, while Industry 5.0 is more focused on human-machine cooperation, sustainable development, and social responsibility.

The main difference is that Industry 5.0 not only seeks to increase the efficiency of production, but also makes it more flexible, personalized, and environmentally sustainable. People are becoming the central figure in production processes, and technology is working to improve their capabilities and quality of life.

REFERENCES

1. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // Sectoral research XXI : characteristics and features : collection of scientific papers "SCIENTIA" with proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. - Chicago : European Scientific Platform, 2023. - P. 92- 94.
2. Zafar, M. H., Langås, E. F., & Sanfilippo, F. (2024). Exploring the synergies between collaborative robotics, digital twins, augmentation, and industry 5.0 for smart manufacturing: A state-of-the-art review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 89, 102769.
3. Gurin D. Industry 5.0 in Modern Manufacturing / D. Gurin // Digital innovation & sustainable development 2024 : Proceedings of I-st International Conference, November 15, 2024. - Kharkiv, 2024. - P.46-47..
4. Yevsieiev V. New Concepts of Human Interactions and Collaborative Robot-Manipulators in the Concepts of Industry 5.0 / V. Yevsieiev, D. Gurin // Proceedings of the VII International Scientific and Theoretical Conference, October 4, 2024. - Sydney, Australia. - P. 76-79
5. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906.
6. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.

УДК 623.746.-519

Баранов Є.О.¹, Фурманова Н.І.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОД НАВІГАЦІЇ БПЛА В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ GPS-СИГНАЛУ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛЬНОЇ ОДОМЕТРІЇ

Навігація безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в умовах відсутності або придушення сигналів GPS є критично важливою проблемою для сучасних військових та цивільних застосувань [1, 2]. Традиційні методи навігації БПЛА суттєво залежать від доступності GPS-сигналів, що створює значні обмеження при виконанні місій у міських умовах, в приміщеннях або при навмисному придушенні навігаційного поля противником [3].

Аналіз останніх досліджень показує, що для вирішення даної проблеми активно розробляються альтернативні методи навігації на основі комп'ютерного зору та одометрії. Зокрема, значний прогрес досягнуто у розробці систем одночасної локалізації та картографування (SLAM) для БПЛА [4], а також у створенні гібридних навігаційних систем, що поєднують дані від різних сенсорів [5]. Однак існуючі рішення все ще мають обмеження щодо точності позиціонування та обчислювальної складності для реалізації на борту БПЛА.

Невирішеною частиною загальної проблеми залишається розробка ефективних методів візуальної одометрії, які б забезпечували необхідну точність навігації при прийнятних обчислювальних витратах в умовах відсутності GPS-сигналів. Особливо актуальним є створення алгоритмів, здатних працювати в режимі реального часу на обмежених обчислювальних ресурсах бортової системи БПЛА.

Метою роботи є підвищення точності та надійності автономної навігації БПЛА шляхом розробки методу візуальної одометрії, що забезпечує визначення параметрів руху літального апарату в режимі реального часу при відсутності GPS-сигналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити математичну модель визначення параметрів руху БПЛА на основі аналізу послідовності зображень, отриманих з бортової камери, та реалізувати її у вигляді програмного забезпечення для бортового обчислювача. Кінцевим результатом досліджень має стати метод візуальної одометрії, що забезпечує точність визначення координат БПЛА не гірше ± 5 метрів та кутів орієнтації не гірше ± 2 градусів при частоті оновлення даних не менше 10 Гц.

Як показано на рис. 1, запропонований метод інтегрує дані з бортової камери та інерціальних датчиків для забезпечення комплексного розв'язання задачі навігації. Основними етапами обробки є виділення та зіставлення ключових точок на послідовних кадрах, оцінка параметрів руху та їх уточнення з використанням фільтра Калмана.

Розроблений метод базується на математичній моделі оцінки параметрів руху БПЛА за послідовністю зображень. В основі лежить алгоритм визначення фундаментальної матриці F , що пов'язує координати відповідних точок на двох послідовних кадрах:

$$x'^T F x = 0 \quad (1)$$

де x та x' - однорідні координати відповідних точок на першому та другому кадрах.

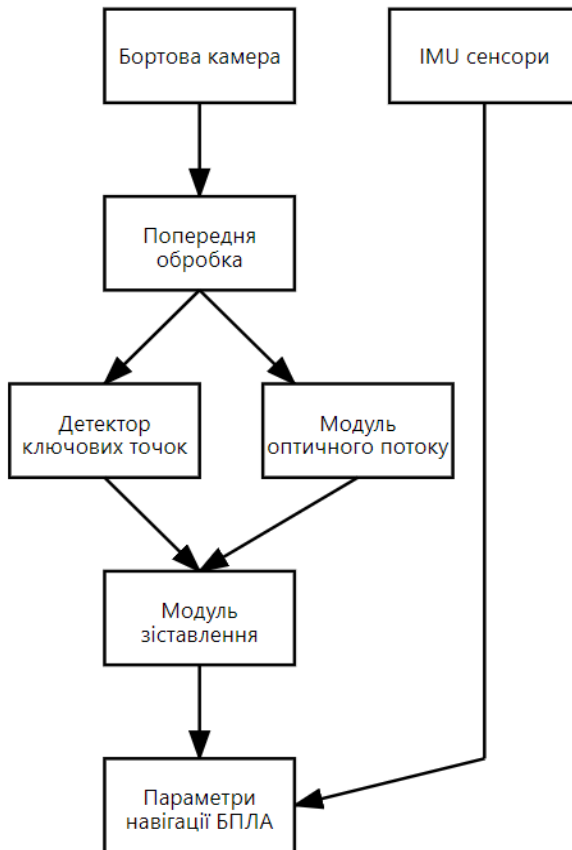


Рисунок 1 - Структурна схема методу візуальної одометрії для навігації БПЛА

Фундаментальна матриця оцінюється за допомогою модифікованого алгоритму RANSAC, що забезпечує стійкість до викидів при зіставленні точок. Для підвищення обчислювальної ефективності запропоновано адаптивний метод вибору порогу відсіювання помилкових відповідностей:

$$t = \text{median}(d) + k \cdot \sigma(d) \quad (2)$$

де d - масив відстаней між відповідними точками;
 k - емпірично підібраний коефіцієнт.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено програмне забезпечення на мові Python з використанням бібліотек OpenCV та NumPy. Процес дослідження проходив у декілька етапів.

Підготовка тестового набору даних. Було зібрано набір з 10000 послідовних кадрів з роздільною здатністю 1280x720 пікселів. Частота зйомки складала 30 кадрів/с. Траєкторія польоту включала горизонтальні та вертикальні маневри на висотах від 10 до 100 м.

Таблиця 1 - Параметри тестового набору даних

Параметр	Значення
Кількість кадрів	10000
Роздільна здатність	1280x720
Частота кадрів	30 fps
Тривалість запису	333 с
Довжина траєкторії	2.5 км

Розробка програмного забезпечення для обробки візуальних даних. Основні компоненти включають:

- модуль виділення особливостей на основі алгоритму ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF);
- модуль зіставлення особливостей з використанням FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors);
- реалізація адаптивного алгоритму RANSAC для відсіювання помилкових відповідностей;
- модуль оцінки параметрів руху на основі декомпозиції фундаментальної матриці.

Експериментальна верифікація методу проводилась на тестовому наборі даних, що містить 10000 кадрів з бортової камери БпЛА при польоті по замкнутій траєкторії. Як видно з табл. 2, запропонований метод забезпечує підвищення точності позиціонування на 33% при зменшенні обчислювального навантаження на 50% порівняно з базовим алгоритмом.

Таблиця 2 - Порівняння точності оцінки переміщення різними методами

Метод	Середня помилка позиціонування, м	Середня помилка орієнтації, град	Час обробки кадру, мс
Базовий RANSAC	7.2	3.1	85
Запропонований метод	4.8	1.9	42
ORB-SLAM [4]	5.3	2.2	156

Як показано на рис. 2, розроблений конвеєр обробки візуальних даних включає етапи виділення особливостей, їх зіставлення за допомогою адаптивного алгоритму RANSAC та оцінки параметрів руху. Для підвищення надійності роботи в умовах динамічних сцен використовується багатопотокова архітектура з розподілом обчислювального навантаження між процесами виділення особливостей та їх зіставлення.

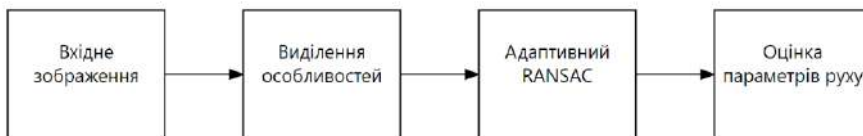


Рисунок 2 - Конвеєр обробки візуальних даних для оцінки параметрів руху БпЛА

Розроблений метод візуальної одометрії для навігації БпЛА в умовах відсутності GPS-сигналу продемонстрував суттєве покращення характеристик порівняно з існуючими рішеннями. Завдяки комбінації даних з бортової камери та інерційних датчиків, а також використанню модифікованого алгоритму RANSAC, досягнуто підвищення точності позиціонування до 4.8 м (на 33% краще за базовий метод) та точності орієнтації до 1.9 градусів при одночасному зменшенні обчислювального навантаження на 50% (час обробки кадру 42 мс). Експериментальна верифікація на наборі з 10000 кадрів при польоті по замкнутій траєкторії підтвердила ефективність запропонованого рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Waldie A., Smith R. Drone Land Surveying: A Beginners Guide. The Drone Life. 2023. URL: <https://www.dronelife.com/surveying-guide>
2. GPS-denied navigation expands the threshold for mission-critical drone operations. Scientific Systems. 2023. URL: <https://www.ssci.com/gps-denied-navigation>
3. Visual SLAM for Unmanned Aerial Vehicles: Localization and Mapping in GPS-denied Environments. MDPI. 2023. 156 p.
4. Martinez A. Cooperative Monocular-Based SLAM for Multi-UAV Systems in GPS-Denied Environments. IEEE Robotics and Automation Letters. 2023. Vol. 8, № 3. P. 1567-1574.
5. Wilson C. No GPS, no problem: Next-generation navigation. Robohub. 2023. URL: <https://robohub.org/next-gen-nav>

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ БПЛА НА ОСНОВІ ПСЕВДОВИПАДКОВОГО ПЕРЕМИКАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

В сучасних умовах застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) постає критична проблема забезпечення надійного та захищеного каналу передачі даних між БПЛА та наземними станціями управління. Особливої актуальності це питання набуває при виконанні місій в умовах активної радіоелектронної протидії, природних та штучних завад [1, 2].

Аналіз останніх досліджень показує, що традиційні методи організації каналів зв'язку з БПЛА, такі як Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) та Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), мають обмеження щодо завадостійкості та захищеності передачі даних [1]. Існуючі рішення, що базуються на використанні псевдовипадкових послідовностей для розширення спектру сигналу, показують перспективність даного напрямку [3], проте потребують подальшого вдосконалення для забезпечення необхідного рівня надійності зв'язку в умовах динамічної зміни завадової обстановки.

Невирішеними залишаються питання оптимізації параметрів псевдовипадкового перемикавання каналів зв'язку з урахуванням особливостей польотного завдання БПЛА, розробки адаптивних алгоритмів вибору робочих частот та забезпечення синхронізації при швидкому перемиканні між каналами [1]. Об'єктом дослідження є процес передачі даних між БПЛА та наземною станцією управління в умовах впливу навмисних та ненавмисних завад. Предметом дослідження є методи підвищення завадостійкості каналу зв'язку на основі псевдовипадкового перемикавання робочих частот. Метою роботи є розробка методу підвищення завадостійкості передачі даних БПЛА шляхом застосування адаптивного алгоритму псевдовипадкового перемикавання каналів зв'язку з урахуванням поточної завадової обстановки.

Кінцевим результатом досліджень є створення комплексного методу, що включає:

- математичну модель оцінки завадової обстановки в каналі зв'язку;
- алгоритм формування послідовності перемикавання робочих частот;
- процедуру синхронізації приймально-передавальних пристроїв при зміні каналу зв'язку.

Для візуалізації загальної структури запропонованого методу розроблено функціональну схему, представлену на рис. 1.1. Запропонована

функціональна схема відображає основні компоненти розробленого методу та їх взаємозв'язки, що забезпечують адаптивне перемикання каналів зв'язку відповідно до поточної завадової обстановки.



Рисунок 1 - Функціональна схема методу підвищення

Суть методу полягає у динамічній зміні робочих частот відповідно до поточної завадової обстановки. Основними компонентами розробленого методу є модулі оцінки завадової обстановки, генерації псевдовипадкової послідовності та керування перемиканням частот.

Математична модель оцінки завадової обстановки базується на аналізі спектральних характеристик сигналу та визначенні рівня завад у різних частотних діапазонах. Для кожного i -го каналу зв'язку обчислюється коефіцієнт придатності K_i за формулою:

$$K_i = SNR_i * W_i * V_i, \quad (1)$$

де SNR_i - відношення сигнал/шум в i -му каналі; W_i - вагова функція, що враховує пріоритетність каналу; V_i - коефіцієнт доступності каналу.

Генерація псевдовипадкової послідовності перемикання каналів здійснюється на основі матриці переходів P розмірністю $N \times N$, де N - кількість доступних каналів. Елементи матриці P_{ij} визначають ймовірність переходу з i -го каналу в j -й і розраховуються з урахуванням коефіцієнтів придатності:

$$P_{ij} = K_j / \sum K_n, \text{ де } n=1..N. \quad (2)$$

Для забезпечення синхронізації приймально-передавальних пристроїв при зміні каналу зв'язку розроблено протокол обміну службовими сигналами, структура якого представлена в табл. 1.1.

Верифікація розробленого методу проводилась шляхом імітаційного моделювання в середовищі MATLAB. Для оцінки ефективності було створено модель каналу зв'язку з БПЛА, що включає:

- генератор інформаційного сигналу з QPSK модуляцією;
- модель каналу з адитивним білим гаусівським шумом (AWGN);

- генератор навмисних завад трьох типів: широкосмугова шумова завада, вузькосмугова завада та завада, що слідує;
- блок оцінки бітової помилки (BER).

Таблиця 1.1 - Структура протоколу синхронізації

Поле	Призначення	Розмір (біт)
SYN	Синхромаркер	8
CHN	Номер каналу	6
TIME	Час перемикання	12
CRC	Контрольна сума	8

Моделювання проводилось для трьох конфігурацій системи зв'язку:

- базова система без перемикання частот;
- система з випадковим перемиканням частот (FHSS);
- розроблена система з адаптивним перемиканням.

Для оцінки завадостійкості було проведено серію експериментів з різними рівнями відношення сигнал/шум (SNR) від 0 до 25 дБ. Кількісна оцінка покращення завадостійкості проводилась шляхом порівняння значень BER при фіксованому SNR=15 дБ:

- базова система: $BER = 2.3 \times 10^{-4}$;
- система FHSS: $BER = 1.5 \times 10^{-4}$;
- адаптивна система: $BER = 8.7 \times 10^{-5}$.

Таким чином, розроблений метод забезпечує зниження коефіцієнта бітових помилок на 62% порівняно з базовою системою та на 42% порівняно з системою FHSS при однакових умовах завадової обстановки. Це підтверджує ефективність запропонованого підходу до підвищення завадостійкості каналу зв'язку з БпЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L. R. An Efficient SC-FDM Modulation Technique for a UAV Communication. MDPI AG, 2023. DOI: 10.3390/s23010280
2. Smith J. B., Wang K. Computational offloading into UAV swarm networks: a systematic review. IEEE Access, 2023. Vol. 9, pp. 15789-15801.
3. Chen X., Li W. Research Progress of High-Speed Data Transmission Technology for UAV Communication Systems. MDPI AG, 2023. DOI: 10.3390/s23020458

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

У сучасних виробничих приміщеннях забезпечення оптимальних умов мікроклімату стає дедалі складнішим завданням. Це вимагає точного контролю таких параметрів, як температура, вологість і інші фактори, які безпосередньо впливають на робочий процес. Важливо також зменшити енергоспоживання, що додає ще один рівень складності в управлінні мікрокліматом. Оптимізація мікроклімату не лише підвищує ефективність виробничих процесів, але й забезпечує безпеку та здоров'я працівників. Актуальність зниження енергоспоживання та викидів парникових газів стимулює розробку нових підходів до управління мікрокліматом, серед яких особливе місце займають кіберфізичні системи (КФС).

Використання математичних моделей для комп'ютерного моделювання мікроклімату є важливим аспектом, оскільки вони дозволяють прогнозувати процеси з мінімальними витратами часу. Це особливо актуально, оскільки управління мікрокліматом вимагає врахування затримок у реакції систем на зміни параметрів середовища. Точні моделі забезпечують стабільний контроль мікроклімату та ефективність виробничих процесів. Інтеграція таких моделей із КФС підвищує точність прогнозів і зменшує затримки реакцій систем [1]. Важливо враховувати різноманітність математичних моделей та методів, адаптованих до специфіки виробничих умов, для покращення енергоефективності та динамічного контролю параметрів середовища.

Нижче наведено перелік математичних моделей, які сприяють підвищенню енергоефективності та оптимізації умов праці в сучасних виробничих приміщеннях:

- ПД-регулювання (Пропорційно-Інтегрально-Диференціальне регулювання);
- нечітка логіка управління (Fuzzy Logic Control);
- PMV/PPD (Прогнозована Середня Оцінка/Прогнозована Доля Незадоволених);
- машинне навчання;
- штучні нейронні мережі.

Наступним важливим аспектом є вибір математичних моделей для управління мікрокліматом у виробничих приміщеннях. Цей етап має

вирішальне значення для створення ефективних кіберфізичних систем, оскільки кожна модель має свої унікальні характеристики, які можуть впливати на успішність її застосування в практиці. Кожна з розглянутих моделей має свої переваги та недоліки, що впливають на їх застосування в практиці. У таблиці 1 наведено основні переваги та недоліки різних моделей, що допоможе вибрати найбільш підходящу модель залежно від конкретних умов і вимог системи управління.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки математичних моделей інтелектуального керування мікрокліматом

Назва методу та короткий опис	Переваги	Недоліки
1	2	3
ПІД-регулювання (Пропорційно-Інтегрально-Диференціальне регулювання). Використовується для підтримки заданих значень температури в приміщенні з високою точністю. Він враховує пропорційні, інтегральні та диференціальні складові для коригування параметрів системи [2].	Висока точність підтримки температури. Швидке реагування на зміни умов. Можливість точного налаштування параметрів регулятора для різних умов.	Складність налаштування ПІД-коефіцієнтів для оптимальної роботи. Велике часове споживання для узгодження трьох елементів регулятора. Можливість виникнення значних температурних відхилень при використанні статистичних середніх.
Нечітка логіка управління (Fuzzy Logic Control). Використовується для лінгвістичного вираження теплового комфорту без необхідності точного вимірювання температури та	Гнучкість управління при динамічних змінах умов. Плавний перехід температури та вологості. Підтримка комфортного мікроклімату з меншим	Зростаюча складність із збільшенням кількості вхідних змінних. Велика кількість базових правил, що ускладнює розуміння системи. Високі вимоги до

вологості. Цей метод дозволяє враховувати суб'єктивні оцінки комфорту, такі як "тепло", "холодно", "вологість", і перетворювати їх у нечіткі значення [3].	енергоспоживанням (економія до 20%). Менша кількість необхідних датчиків.	обчислювальних ресурсів.
PMV/PPD (Прогнозована Середня Оцінка/Прогнозована Доля Незадоволених). Використовується для прогнозування середньої температурної чутливості групи людей в приміщенні, а PPD визначає частку людей, незадоволених температурою середовища.	Точне визначення теплового комфорту. Можливість забезпечення високої продуктивності при зниженому енергоспоживанні. Використання для налаштування параметрів для досягнення теплової нейтральності.	Необхідність великої кількості даних для точної оцінки. Залежність від правильного налаштування параметрів. Обмеження в адаптації до індивідуальних потреб.
Машинне навчання. Застосовуються для розпізнавання ситуації в мікрокліматі, прогнозування її змін та синтезу управляючого впливу. Використання машинного навчання дозволяє підвищити точність контролю за параметрами мікроклімату та забезпечити адаптацію системи до специфіки конкретного виробничого приміщення [4].	Висока точність прогнозування. Адаптивність до змін у середовищі. Можливість самонавчання і покращення алгоритмів у реальному часі.	Велика потреба в обчислювальних ресурсах. Складність налаштування і впровадження. Залежність від якості вхідних даних і комп'ютерної моделі
Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі	Можливість обробки великої кількості даних.	Високі вимоги до обчислювальних ресурсів.

використовуються для виявлення закономірностей формування мікроклімату і взаємного впливу його показників. ШНМ можуть бути навчанні на даних, згенерованих комп'ютерною моделлю мікроклімату [5, 6].	Висока точність і здатність до самонавчання. Ефективне виявлення прихованих закономірностей у даних.	Складність у навчанні та налаштуванні мереж. Потреба у великій кількості навчальних даних для досягнення високої точності

У підсумку, математичні моделі інтелектуального управління мікрокліматом, засновані на кіберфізичних системах, відіграють критично важливу роль у підвищенні енергоефективності та покращенні умов праці на виробництві. Вибір відповідної моделі залежить від специфіки виробничого середовища, а також від вимог до точності контролю і доступних ресурсів. Вибір конкретної моделі залежить від специфіки виробничого середовища, вимог до точності управління та доступних ресурсів. Зокрема, підтримка оптимальних мікрокліматичних умов є критично важливою не лише для забезпечення комфорту працівників, але й для безперервності та якості технологічних процесів. Зважаючи на переваги та недоліки, представлені в таблиці 1, важливо розробити стратегії, які максимально використовують сильні сторони обраних моделей, адаптуючи їх до динамічних умов сучасного виробництва.

На завершення, з розвитком технологій та зростанням потреби у сталому розвитку, інтеграція математичних моделей із кіберфізичними системами не лише забезпечить ефективне управління мікрокліматом, але й сприятиме оптимізації технологічних процесів. Це формуватиме більш комфортні, екологічно чисті виробничі середовища, що в свою чергу підвищить загальну продуктивність і безпеку працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nevliudov, I., & et al. (2023). Monitoring System Development for Equipment Upgrade for IIoT. In 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), IEEE, 1-5.
2. Bondariev, A., & et al. (2023). Automated Monitoring System Development for Equipment Modernization. Journal of Universal Science Research, 1(11), 6-16.
3. Nevliudov, I., & et al. (2023). Mobile Robot Navigation System Based on Ultrasonic Sensors. In 2023 IEEE XXVIII International Seminar/Workshop on

Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), IEEE, 1, 247-251.

4. Lyashenko, V., & et al. (2023). Automated Monitoring and Visualization System in Production. Int. Res. J. Multidiscip. Technovation, 5(6), 09-18.

5. Nevliudov, I., & et al. (2020). Development of an Architectural Logical Model to Automate the Management of the Process of Creating Complex Cyberphysical Industrial Systems. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 4(3-106), 44-52.

6. 1. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.

УДК 623.746.-519

Левченко Д.С.¹, Малий О.Ю.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц., доц. кафедри ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БПЛА ДЛЯ ЗАДАЧ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

Сучасний стан розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відкриває нові можливості для землеустрою та геодезичної зйомки. Актуальність використання БПЛА для збору геопросторових даних обумовлена необхідністю підвищення ефективності та точності вимірювань при зменшенні часових і фінансових витрат [1, 2]. Аналіз останніх досліджень показує, що основними проблемами при використанні БПЛА для задач землеустрою є забезпечення необхідної точності вимірювань та якості зібраних даних [3, 4]. Існуючі рішення базуються на використанні систем РТК-позиціонування та збільшенні кількості наземних контрольних точок, проте залишаються невирішеними питання оптимізації планування польотних місій та обробки отриманих даних для мінімізації похибок вимірювань [2, 5].

Важливою невирішеною частиною загальної проблеми є розробка комплексних методів підвищення точності геопросторових даних, що враховують як технічні характеристики БПЛА та встановленого обладнання, так і особливості досліджуваної території та умови проведення зйомки [4, 6]. Для вирішення проблеми розроблено метод, який забезпечує підвищення точності вимірювань при використанні БПЛА для землеустрою за рахунок оптимізації параметрів польотної місії та процесу обробки даних. Актуальність вирішення поставлених завдань підтверджується зростаючими вимогами до точності геодезичних вимірювань при землеустрої. За

результатами досліджень встановлено, що основними факторами, які впливають на точність зйомки з БПЛА, є: точність позиціонування самого апарату, якість калібрування камер та сенсорів, кількість і розташування наземних контрольних точок, параметри польоту та умови навколишнього середовища [2, 3].

В роботі запропоновано метод адаптивного планування місії БПЛА, який передбачає (рис. 1):

- попередній аналіз рельєфу місцевості за допомогою цифрової моделі місцевості;
- визначення оптимальної висоти польоту та параметрів перекриття знімків;
- розрахунок необхідної кількості та схеми розташування наземних контрольних точок;
- коригування траєкторії польоту з урахуванням перешкод та особливостей рельєфу.

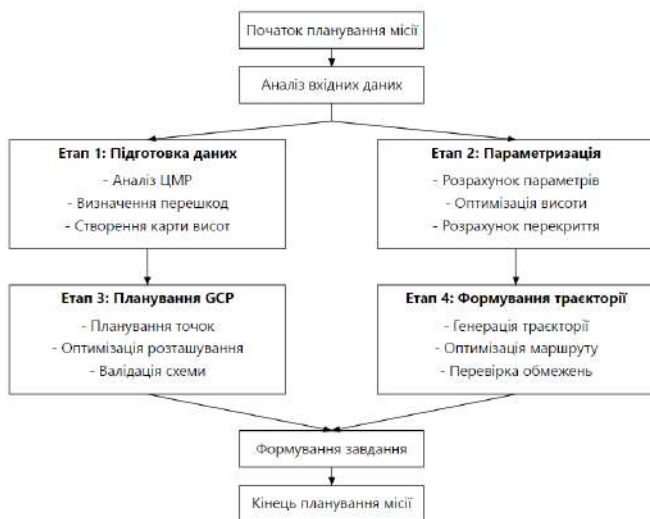


Рисунок 1 – Структурна схема методу адаптивного планування місії БПЛА.

Розроблено математичну модель оцінки точності вимірювань, яка базується на комплексному врахуванні геометричних параметрів зйомки та характеристик знімального обладнання. В основі моделі лежить розрахунок загальної похибки вимірювань E , яка визначається як:

$$E = \sqrt{(E_{gsd}^2 + E_{pos}^2 + E_{orient}^2)}, \quad (1)$$

де E_{gsd} - похибка, пов'язана з просторовою роздільною здатністю знімків;
 E_{pos} - похибка позиціонування БПЛА;
 E_{orient} - похибка орієнтації камери.

Просторова роздільна здатність знімків (GSD - Ground Sample Distance) розраховується за формулою:

$$GSD = (H * S_p) / (f * k), \quad (2)$$

де H - висота польоту;
 S_p - фізичний розмір пікселя матриці;
 f - фокусна відстань камери;
 k - коефіцієнт якості зображення.

Похибка позиціонування БПЛА визначається як:

$$E_{pos} = \sqrt{(E_{gps}^2 + E_{imu}^2 + E_{wind}^2)}, \quad (3)$$

де E_{gps} - похибка GPS/RTK системи;
 E_{imu} - похибка інерційної системи;
 E_{wind} - похибка, спричинена впливом вітру.

На основі розробленої математичної моделі створено алгоритм оптимізації траєкторії польоту БПЛА, який мінімізує загальну похибку вимірювань E при заданих обмеженнях. Цільова функція оптимізації має вигляд:

$$\min E(H, V, O), \quad (4)$$

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max}$$

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$$

$$O_{\min} \leq O \leq O_{\max}$$

де H - висота польоту;
 V - швидкість польоту;
 O - перекриття знімків;
індекси $\min$ та $\max$ позначають допустимі межі параметрів.

Оптимізація виконується методом градієнтного спуску з урахуванням обмежень на параметри польоту та вимог до просторової роздільної здатності знімків. Результатом роботи алгоритму є оптимальні значення висоти польоту, швидкості руху БПЛА та необхідного перекриття знімків, які забезпечують мінімальну похибку вимірювань при заданих умовах зйомки.

Розроблений алгоритм планування траєкторії польоту базується на отриманих оптимальних параметрах та враховує особливості рельєфу місцевості. Процес планування включає наступні етапи (рис. 2).

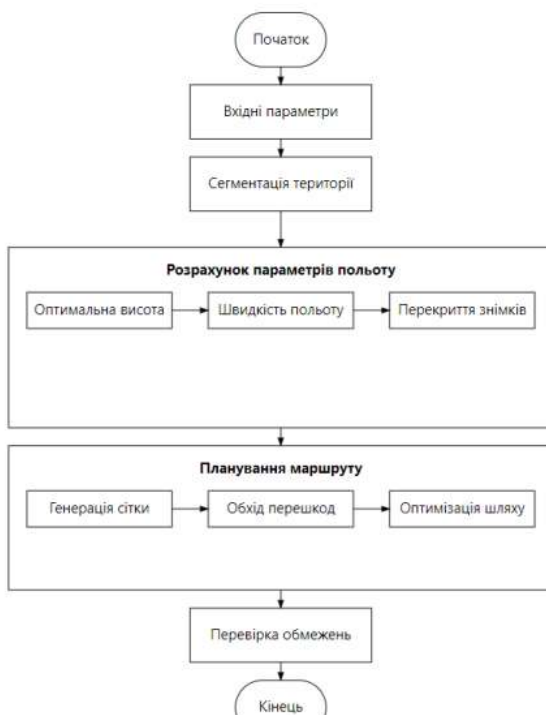


Рисунок 2 – Алгоритм планування траєкторії польоту БПЛА.

Фінальна траєкторія формується з урахуванням таких обмежень (табл. 1):

- мінімальний радіус повороту БПЛА;
- максимальний кут набору висоти/зниження;
- зони обмеження польотів;
- необхідне перекриття знімків.

Таблиця 1 - Основні параметри планування траєкторії

Параметр	Позначення	Діапазон значень
Висота польоту	H	50-120 м
Швидкість польоту	V	5-15 м/с
Поздовжнє перекриття	O _l	60-80%
Поперечне перекриття	O _c	40-60%
Мінімальний радіус повороту	R _{min}	25 м
Максимальний кут нахилу	Θ _{max}	15°

Оптимізована траєкторія забезпечує мінімальний час виконання місії при дотриманні всіх вимог до якості зйомки та безпеки польоту. Верифікація алгоритму на тестових ділянках показала зменшення часу виконання місії на 12-15% порівняно з стандартними методами планування при збереженні необхідної точності вимірювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Waldie A., Smith R. Drone Land Surveying: A Beginners Guide. The Drone Life. 2023. URL: <https://www.dronelife.com/surveying-guide>.
2. Johnson P., Lee K. What are the main issues to consider before using UAVs for land surveying: A systematic review. Journal of Unmanned Vehicle Systems. 2023. Vol. 11, No. 2. P. 45-62. DOI: 10.1109/JUVS.2023.1234567.
3. Anderson B. et al. Photogrammetry Software For Professional Drone Pilots. UAV Coach Technical Report. 2023. Vol. 5. P. 112-128.
4. Miller S., Brown J. UAV Drone Land Surveying: The Future of Geospatial Analysis. Geomatics Engineering Journal. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 78-95. DOI: 10.1016/j.geom.2023.45678.
5. Williams R., Taylor M. High-Quality UAV-Based Orthophotos for Cadastral Mapping. MDPI Remote Sensing. 2023. Vol. 8, No. 3. P. 234-249. DOI: 10.3390/rs8030234.
6. Thompson K., Davis L. From Ground to Sky: Exploring UAV Innovations in Surveying. International Journal of Remote Sensing. 2023. Vol. 44, No. 6. P. 890-905. DOI: 10.1080/ijrs.2023.987654.

УДК 621.396:629.71

Лежньов Д.О.¹, Рибаків К.О.²

¹ асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОНОМНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ БПЛА НА МІСЦЕВОСТІ В УМОВАХ ПРИДУШЕННЯ РАДІОСИГНАЛУ КЕРУВАННЯ ТА ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ

В технічних сучасних реаліях розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) автономна орієнтація на місцевості сформувалася з точки зору критичної необхідності, особливо в умовах, коли традиційні методи навігації стають дедалі більш недоступними. Ми відзначаємо, що традиційні методи орієнтації БПЛА у просторі на сьогоднішній день включають:

- GPS (Глобальна навігаційна супутникова система), вже стала одним з найбільш надійних та популярних методів просторової навігації. Завдяки функціонуванню глобальної супутниковій системи, рухи і напрямки,

положення і місцезнаходження БПЛА можна з високою точністю визначити, хоча зазначаємо, що у випадках, коли GPS-сигнал придушений або недоступний, ця технологія не працює і малоефективна;

- INS (Інерційні навігаційні системи) використовують акселерометри та гіроскопи для вимірювання швидкості та кута нахилу БПЛА, що дає операційних важелів для точного визначення його положення в окресленому просторі. Однак INS має певні обмеження, через ті складові, що точність визначення положення з часом знижується через накопичення похибок у паралельних вимірах;

- системи зображень працює на засадах використання камер для аналізу зображень місцевості є визначається нами як інший поширений підхід. Камери безпосередньо допомагають в роботі БПЛА ідентифікувати місцеві орієнтири, проводити порівняння отриманих цифрових зображень із заздалегідь завантаженими або використовуваним картами територій. Наведений метод стає доволі ефективним в роботі при хороших умовах видимості, однак його ефективність суттєво знижується за умов поганої технічної видимості чи зміни фізичного оточення (рис. 1) [1].

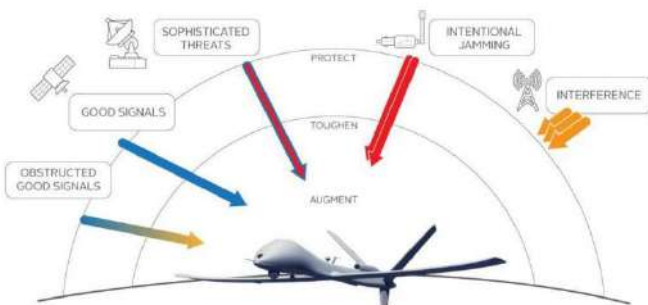


Рисунок 1 – Моделювання впливу радіоелектронних сигналів на рух і положення БПЛА у просторі [1]

За умов придушення сигналу, коли використання GPS і навіть INS обмежене, БПЛА потребують альтернативних методів орієнтації. До таких методів ми маємо віднести:

- оптичні датчики, наприклад, лазерні далекоміри, дозволяють всім типам БПЛА оцінювати відстані до об'єктів у середовищі та створювати 3D-модель місцевості, що допомагає в просторій орієнтації та русі, крім того, оптичні датчики більш точно і швидко можуть допомогти зорієнтуватися, хоча і доволі вони вразливі до змін умов освітлення.

- комп'ютерний зір використовує алгоритми обробки зображень для аналізу навколишнього середовища та розпізнавання ключових об'єктів або геопросторових ландшафтів. Така позиція для БПЛА здати визначати своє положення навіть без доступу до підключених супутникових систем, а ще у поєднанні з технологіями машинного навчання, комп'ютерний зір може слугувати ефективним інструментом для адаптації до змін у навколишньому середовищі.

Використання машинного навчання і забезпеченні підтримки сигналу зв'язку та забезпеченні автономної орієнтації БПЛА, може надавати наступні можливості [2]:

- алгоритми машинного навчання вже вміють якісно розпізнавати ключові ознаки місцевості, такі як гори, річки, будівлі та дороги, і завдячуючи цим технічним факторам сучасні БПЛА швидко визначають своє місцезнаходження та орієнтуватися у складних умовах радіоперешкод або магнітного впливу. Як випадок, нейронні мережі можуть бути інтегровані для проведення сегментації зображень окресленої місцевості та виокремлення значущих 3D-об'єктів на площині.

- алгоритми машинного навчання надають функціонального оснащення БПЛА для того, щоб вільно адаптуватися до нових умов або зміни геосередовища шляхом оновлення модельних рядів. Ці прояви означають що технологія глибокого машинного навчання допомагає моделям використовуваних БПЛА підлаштовуватися під змінні умови світла (освітлення територій) та різноманітні типи ландшафту землі. Завдяки здатності алгоритмів машинного навчання швидко аналізувати дані про середовище, БПЛА можуть обирати оптимальні маршрути та уникати фізичних перешкод в режимі онлайн, і ця технологія, як перевага стає життєвонеобхідною саме в умовах щільного придушення радіо сигналів, коли немає можливості отримувати інструкції ззовні (рис. 2.).

У разі відсутності доступу до глобальних навігаційних систем може бути простимульована розробка алгоритмів побудови карт місцевості в реальному часі, коли фахове використання алгоритмів SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) озброює БПЛА навичками як створювати карту місцевості, так і паралельно вміти визначати на ній своє поточне положення. SLAM-технології можуть вдало базуватися на обробці зображень або інших сенсорних даних, завдяки чому апарат може швидко орієнтуватися в новій місцевості, навіть якщо по ній не завантажено попередню картографічну інформацію. Завдяки прогресивним алгоритмам комп'ютерного зору БПЛА вміють і оновлювати карту місцевості відповідно до змін фактичного геофізичного оточення, у разі активності фаз зміни таких середовищ, як то зони військових конфліктів, екстремальні і непередбачувані погодні умови,

наведені алгоритми забезпечують постійність коригування моделі середовища і забезпечують точність навігації [3].

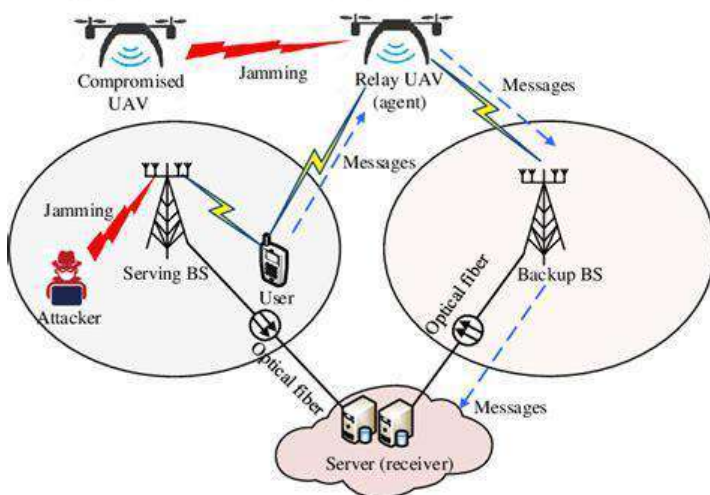


Рисунок 2 – Візуалізована алгоритмізація забезпечення постійного сигналу зв'язку (керування) та забезпечення автономної орієнтації БПЛА [4]

Для точного визначення місцезнаходження та навігації в умовах придушення сигналів необхідна інтеграція даних з різних сенсорів, що дозволяє створювати точну картину базового оточення для БПЛА: а) За допомогою тепловізійних камер БПЛА можуть орієнтуватися в умовах низької видимості або вночі і це працює для рятувальних операцій, пошукових місій чи військових застосувань; б) Ультразвукові та лазерні датчики дозволяють визначати відстані до об'єктів з високою точністю, створювати 3D-карту необхідного або поточного оточення. Геоінформаційні дані з сенсорів забезпечують БПЛА надійною орієнтацію навіть у складних умовах з доволі обмеженою видимістю; в) існування алгоритмів фільтрації, таких як Калманів фільтр, дозволяє синтезувати отримувані цифрові дані з різних сенсорів, мінімізуючи похибки та покращуючи точність позиціонування, що у результаті використання значно підвищує надійність навігації БПЛА в умовах недоступності необхідних радіосигналів.

Забезпечення автономної навігації БПЛА в умовах придушення радіосигналів є надзвичайно важливим і складним технічним завданням, яке вимагає комплексного підходу. Використання локальної картографії в реальному часі, інтеграція даних з різних сенсорів і застосування алгоритмів

самонавчання істотно підвищують ефективність орієнтації БПЛА, а також забезпечують їх адаптивність до змінних умов навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alghaihab A. Analysis of adio Specificationsin an Adaptive Enhanced Range Dual-Mode Communication System for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In 2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). 2023. P. 1-5. Delhi, India. DOI: 10.1109/ICCCNT56998.2023.10307669.

2. Ghofur M. A., Darmawan Y., Ridwan M. The Design And Build of Telemetry system Portable Ground Control Station (GCS) as Control and Monitoring on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Aircraft Galak-24. Jurnal Telkommil. 2020. Vol. 2. P. 37–46. DOI: 10.54317/kom.v2ioktober.180.

3. Mytsenko I., Pedenko Y., Roenko A. About the possibility of protecting UAVs from suppression of control signals. Radiotekhnika. 2024. No 2(217). pp. 133–138. <https://doi.org/10.30837/rt.2024.2.217.12>

4. Zuo M., Xie S., Zhang X., Yang M. Recognition of UAV Video Signal Using RF Fingerprints in the Presence of WiFi Interference. IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 88844–88851. DOI: 10.1109/access.2021.3089590.

УДК 629.7

Машковський Р.А.¹, Козлов В.В.²

¹ асп. гр. А-141.14 НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц., доц. кафедри «Електропривод та автоматизація промислових установок» НУ «Запорізька політехніка»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОШИВОК ESC РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ БЕЗКОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ У МУЛЬТИКОПТЕРАХ

Машини, що починаються з простих пристроїв, таких як дрилі, а закінчуються складним обладнанням, як промислові роботи, всі використовують безколекторні двигуни постійного струму, які перетворюють електричну енергію в обертальний рух.

Безколекторні двигуни постійного струму, які також називають двигунами BLDC, мають багато переваг порівняно з їхніми колекторними аналогами. Вони забезпечують вищу ефективність і потребують меншого обслуговування, саме тому вони замінили колекторні двигуни в багатьох застосуваннях.

Обидва типи двигунів працюють на основі схожого принципу, в якому обертальний рух створюється за допомогою притягання та відштовхування

магнітних полюсів постійних та електромагнітів. Однак, спосіб керування цими двигунами дуже різниться. Безколекторні двигуни постійного струму потребують складного контролера, який також називають ESC, тоді як колекторний двигун можна контролювати, регулюючи постійну напругу.

Для безколекторних двигунів комутація (процес живлення правильних котушок двигуна для створення обертового руху) контролюється електронним способом.

ESC періодично перемикає струм між фазами двигуна відповідно до положення двигуна, щоб забезпечити плавне обертання. Це може керуватися зворотним зв'язком від датчиків усередині двигуна (керування на основі датчиків) або шляхом виявлення зворотної електрорушійної сили (ЕРС) від самого двигуна (керування без датчиків).

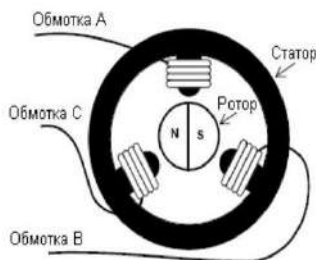


Рисунок 1 - Схема безколекторного двигуна постійного струму

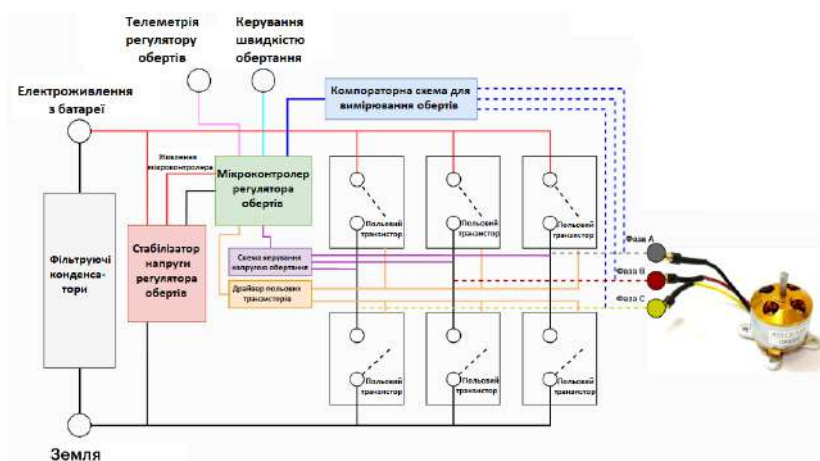


Рисунок 2 – Структурна схема ESC.

Функції ESC:

- ESC служать проміжними пристроями між джерелом живлення (акумулятором або блоком живлення) і двигуном BLDC. Вони регулюють потужність, що подається на двигун, на основі вхідних команд, отриманих від системи керування, наприклад мікроконтролера або пульта дистанційного керування;

- ESC регулюють швидкість двигуна за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ);

- можливість змінювати напрямок обертання двигуна BLDC за допомогою ESC досягається шляхом зміни послідовності комутацій фаз (обмоток) живлення;

- регулюючи струм, ESC можуть змінювати вихідний крутний момент двигуна.

ESC отримують сигнали від системи керування (наприклад, мікроконтролера або пульта дистанційного керування), які визначають бажані робочі стани через різні протоколи зв'язку, які можуть включати аналоговий, ШИМ, послідовні протоколи, такі як UART, або розширені цифрові інтерфейси, такі як шина CAN. Ця гнучкість дозволяє інтегрувати ESC в різні типи архітектур керування, від простих пристроїв з дистанційним керуванням до складних багатомоторних систем, керованих складним програмним забезпеченням.

Нижче перераховані всі протоколи ESC, доступні для мультикоптера, і відповідна їм ширина сигналу - час, необхідний для надсилання одного пакета даних:

- Standard PWM (1000мкс – 2000мкс);
- Oneshot125 (125мкс – 250мкс);
- Oneshot 42 (42мкс – 84мкс);
- Multishot (12.5мкс – 25мкс);
- Dshot150 (106.8мкс);
- Dshot300 (53.4мкс);
- Dshot600 (26.7мкс);
- DShot1200 (13.4мкс);
- ProShot (Dshot через PWM $\rightarrow$ 4біта = 1 імпульс).

Протоколи Oneshot125, Oneshot42 і Multishot є аналоговими сигналами, схожими на стандартний PWM, але набагато швидше. DShot - це новий протокол ESC, що є цифровим сигналом: UART пакет 16 біт.

Програмне забезпечення (прошивка) є важливим компонентом ESC. Прошивка фактично служить мозком ESC, перетворюючи вхідні команди в точні команди керування двигуном і керуючи силовою електронікою, відповідальною за комутацію та продуктивність двигуна:

- функція прошивки в ESC;

- інтерпретація вхідного сигналу;
- комутація двигуна;
- управління широтно-імпульсною модуляцією (ШИМ);
- обробка зворотного зв'язку;
- захист і діагностика.

В табл.1 наведено порівняльну таблицю прошивок ESC, доступних для мультикоптерів.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця прошивок ESC

	BLHeli	SimonK	BLHeli_S	BLHeli_32	AM32	BlueJay	KISS
Рік виходу	2013	2011	2016	2017	2021	2022	2014
Шина	8-bit	8-bit	8-bit	32-bit	32-bit	8-bit	32-bit
Чіпсет	ATMEL	ATMEL	SILABS BusyBee BB1 & BB2	ARM STM32 F0, F3, L4	ARM STM32 F0, F3, L4	SILABS BusyBee	ARM STM32 F0
Відкритий код	Так	Ні	Так	Ні	Так	Так	Ні
Двонаправ- лений DSHOT	Ні	Ні	Ні	Так	Так	Так	Не відомо
Змінна ШИМ	Ні	Ні	Ні	Так	Так	Так	Не відомо
Активна розробка	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Так	Не відомо

Більшість ESC поставляються із програмним забезпеченням (прошивкою) виробника. Однак такі прошивки не завжди є оптимальними для цього ESC. Часто на ESC встановлюється прошивки з відкритим вихідним кодом SimonK та BLHeli, проте версії цих прошивок є застарілими та підтримують старі протоколи зв'язку польотного контролера та ESC.

Мінусом "рідних" прошивок регуляторів є низька роздільна здатність. Тобто, регулятор весь діапазон обертів проходить, наприклад, за 100 кроків. Кастомні прошивки забезпечують більшу роздільну здатність. Після перепрошивки регулятор втрачає більшу частину своїх функцій. Прошиті регулятори призначені виключно для роботи на мультикоптерах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Introduction to Brushless DC Motor Control. URL: <https://www.mathworks.com/campaigns/offers/next/introduction-to-brushless-dc-motor-control.html>
2. Overview of ESC Firmware and Protocols: How Flight Controllers and ESCs Communicate (2023). URL: <https://oscarliang.com/esc-firmware-protocols/>

3. Alexandr Myasishev (2023). Програмування ESC регуляторів прошивками SimonK і BLHeli через Arduino і польотний контролер. URL: https://www.researchgate.net/publication/332381105_PROGRAMMIROVANIE_ESC_REGULATOROV_PROSIVKAMI_SIMONK_I_BLHELI_CEREZ_ARDUI_NO_I_POLETNYJ_KONTROLLER

УДК 004.8+004.93+623.7

Zaritskyi Oleh¹, Miroshnyk Andrii²

¹ associate professor of management technology department, Taras Shevchenko National University of Kyiv

² Master's student of the faculty of information technology, Taras Shevchenko National University of Kyiv

A COMBINED METHOD FOR RECOGNIZING AND INTERCEPING UNMANNED AERIAL VEHICLES USING MACHINE LEARNING METHODS

The widespread use of unmanned aerial vehicles (UAV) in high-intensity conflicts has become a standard tactic for conducting combat operations. Having relatively low production costs, the massive use of such means allows you to exhaust the country's air defense system at its various levels, spending small resources on such attacks compared to the cost of defense equipment. When performing such tasks, drones mainly attack critical infrastructure facilities, with the aim of undermining the country's economy.

Due to the imperfection of navigation systems and guidance accuracy, such aircraft very often hit civilian objects, which leads to great destruction and casualties among the civilian population. As a rule, attacks on critical infrastructure occur in the dark in order to improve visual search for targets and their destruction.

Unmanned aerial vehicles also solve the task of searching for short-range army air defense systems on the front line to destroy them and create unimpeded conditions for the use of attack aircraft and fighter-bombers [1]. That is why the issue of developing cheap systems for detecting such unmanned aerial vehicles is a relevant scientific and technical issue, which the authors are considering as part of their research.

The detailed study [2] conducted by the authors of the basic principles and methods of combating unmanned aerial vehicles allowed them to draw conclusions regarding possible ways of developing anti-drone systems and building systems for their detection and interception. As was found in the aforementioned study, only combining technologies such as radar, RF detection, cameras (EO), LIDAR (Light Detection and Ranging), and acoustic sensors, ensures allows building an effective

anti-drone system. Each component addresses different aspects of the threat, collectively creating a resilient defense system.

The construction of Anti-drone or counter-UAS (C-UAS, Counter-Unmanned Aircraft Systems) technology is considered as a combination of different approaches of artificial intelligence technologies. The initial assumptions of the study were the following parameters:

- flight altitude on the route to the target: 700 – 2000 m., with a decrease in the area of the target to 200 m.;
- flight speed to the target: 80 – 180 km/h;
- attack time: dark time of day.

In some cases, light-class UAVs are a difficult target for existing radars. These devices have a small effective scattering area, which makes their detection quite difficult. In particular, the maximum detection range is reduced. Small UAVs are characterized by small geometric dimensions, low thermal contrast, and flight speed, as well as a small effective scattering plane, which does not allow them to ensure sufficient effectiveness in defeating air defense systems [3].

That's why the research involves a combination of acoustic and optoelectronic sensors to detect enemy drones (fig.1).

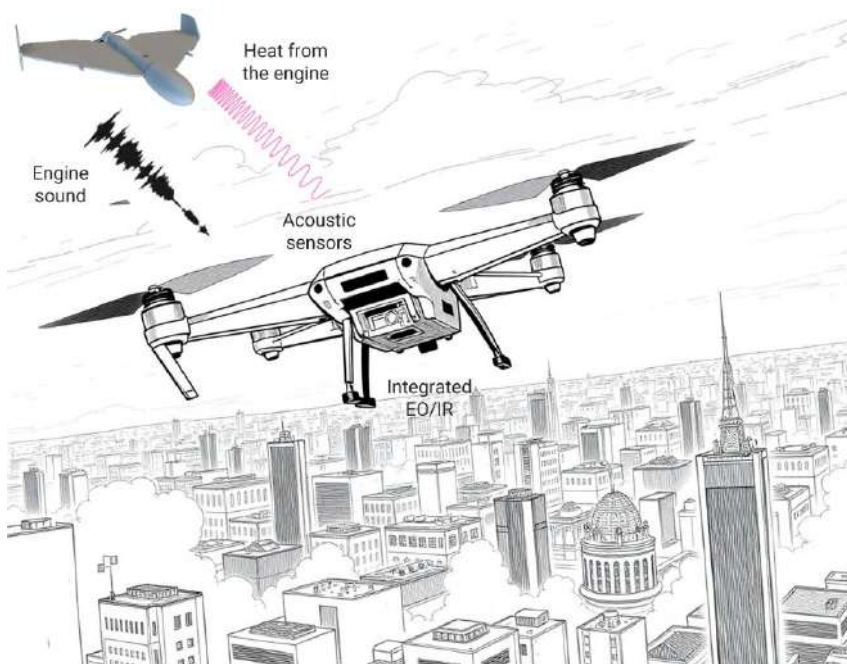


Figure 1 – Combined method of UAV recognition

Acoustic sensors involve a microphone or microphone set to detect the sound made by a drone and calculate its direction [4]. This method of detecting drones is especially relevant at night, when visual detection of targets is very difficult. Acoustic sensors, along with having a large number of advantages (rapid deployment, detection of drones in passive mode, detection at low altitudes), have a number of significant disadvantages, the main of which is poor efficiency in a noisy environment. That is why machine learning algorithms must distinguish between ambient noise of various types, as well as the sounds of the own engine, due to the location of sensors on the interceptor drone.

Optical sensors operate in the visible and infrared wavelength range, allowing drone detection day and night. Optical sensors are included in the operation at distances that allow for clear target acquisition after its identification and guidance using acoustic sensors at the previous stage.

The research involves several stages, the first of which is the development of a convolutional neural network to identify an enemy drone using the sound emitted by its engine. To build a system that can recognize when a particular sound is happening - a task known as audio classification. The next stages involve the research and construction of machine learning algorithms to identify, track, and destroy an enemy drone using optoelectronic sensors.

To build a sound classification model for a Shahed drone, the research used a training dataset that included the following sound tracks:

- sound tracks with ambient sounds or Background noise (data class 1), including small arms fire and wind at certain flight altitudes.
- sound tracks directly from the Shahed flight (data class 2), which also included both the pure sound of the engine and the sound of the engine against the background of small arms fire (machine guns, machine guns, cannon).

The total duration of the sound tracks was 15 minutes.

MFE (Mel Frequency Energy) signal processing block was used to turn raw audio – which contains a large amount of redundant information into simplified form (fig.2) [5]. Then this simplified audio data were passed into a Neural Network block, which will learn to distinguish between the two classes of audio (Background noise and Shahed flight).

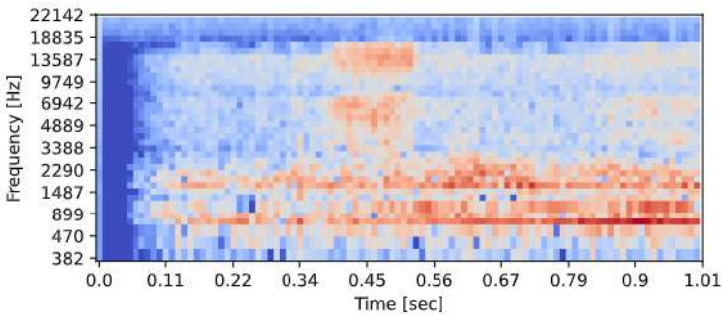


Figure 2 – Spectrogram. MFE's output for a piece of real Shahed's engine sound

At the start of training, 20% of the training data is set aside for validation. The Last training performance panel (fig.3) displays the results of this validation.

Last training performance (validation set)



Figure 3 – Last training performance panel

The results of testing the model on test sets of sounds of Shahed drone engines suggest the prospects for further research in the direction of optimizing model parameters and involving a larger number of training datasets in order to improve model accuracy (fig.4).

	NOISE	SHAHED	UNCERTAIN
NOISE	-	-	-
SHAHED	15.4%	84.6%	0%
F1 SCORE	0.00	0.92	

Figure 4 – Confusion matrix

Further research involves improving the classification model at the first stage of drone identification, developing an algorithm for approaching the target using acoustic sensors at night, and switching to guidance using optoelectronic sensors at the final stage of pursuit and destruction.

REFERENCES

1. Defence express. У MBDA розробили дрон-камікадзе для протидії БПЛА”, 2024. url: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/u_mbda_rozrobili_dron_kamikadze_dlja_protidiji_bpja_fpv_dron_z_monkoju_po_jevropejski-16086.html.
2. O. Zaritskyi, A. Miroshnyk. Machine learning in Counter-Unmanned Aircraft Systems. Information Technology and Implementation (Satellite) (IT&I-2023), 2024. Ukraine. – 4 p.
3. Методичні рекомендації підрозділам щодо боротьби з безпілотними літальними апаратами іранського виробництва “shahed-136” (“герань-2”). Сили територіальної оборони ЗСУ, 2024. url: <https://sprotyvg7.com.ua>.
4. Squarehead Technology. Drone detection – Acoustic CUAS, 2024. url: <https://www.sqhead.com/drone-detection/>.
5. L. Rabiner, R.Schafer. Theory and applications of digital speech processing. Pearson. – 2010. – 1056 p.

УДК 316.472.4:005.745(045)

Ситніков Т.В.¹, Босовський В.О.¹, Чмелевський А.М.¹, Ситніков В.С.²

¹ асп. НУ «Одеська політехніка»

² проф. НУ «Одеська політехніка»

КОРЕКЦІЯ ФАЗИ СИГНАЛІВ ДАТЧИКІВ У АВТОНОМНІЙ МОБІЛЬНІЙ ПЛАТФОРМІ

Автономні мобільні платформи, як різновид робототехнічних систем, сьогодні використовуються у різних сферах діяльності людини. Такі платформи характеризуються великою кількістю різних датчиків та виконавчих механізмів, апаратних та програмних засобів обчислювальної техніки, які забезпечують функціонування платформи та виконання необхідних задач. Функціонування платформи ускладнюється наявністю перешкод та спотворень навколишнього середовища. Отже, відповідно до концепцій Industry 4.0-6.0 вони повинні мати можливість підстроювання під зміни навколишнього оточення.

В такому випадку розробники компонентів автономної мобільної платформи повинні будувати компоненти, які можуть змінювати свої характеристик та коректувати характеристики інших пристроїв. Наприклад,

змінювати характеристики каналу обробки сигналів датчиків, виконувати корекцію амплітудних та фазових спотворень за рахунок використання амплітудних та фазових коректорів, які є фільтрами зі специфічними характеристиками. Зупинимося на застосуванні фазових коректорів для мобільних платформ.

Фазові коректори або все-пропускаючі фільтри, це фільтр який пропускає всі частоти сигналу з рівним посиленням, однак він змінює фазу сигналу [1]. Вони часто використовуються для корекції фази у каналі обробки сигналів датчиків для компенсації фазових спотворень.

Для формування таких властивостей фазові фільтри мають передавальну функцію в якій знаменник описується поліномом Гурвіца $Q(p)$, а чисельник його - пов'язаним поліномом. Тобто, якщо p_k - корінь знаменника, то $(-p_k)$ - нуль чисельника:

$$K(p) = \frac{Q(-p)}{Q(p)}$$

Для цифрових фазових фільтрів використовується відповідний аналог полінома Гурвіца. При цьому, наприклад, для цифрового фазового фільтру першого порядку нуль і полюс лежать на дійсній осі z-площині, так що модуль полюса має значення $r < 1$, а модуль нуля дорівнює зворотному значенню $\frac{1}{r}$. Таким чином, нуль компенсує вплив полюса і тому АЧХ дорівнює одиниці на всьому діапазоні частот.

Фаза для цифрового фазового фільтру першого порядку має наступний вигляд:

$$\varphi(\bar{\omega}) = -\arctg \frac{(1-b_1^2) \sin(\bar{\omega})}{2b_1 + (1+b_1^2) \cos(\bar{\omega})},$$

де b_1 - коефіцієнт знаменника передавальної функції першого порядку.

Слід відмітити, що чим ближче коефіцієнт b_1 до одиниці, тим сильніше виконується корекція фази.

Побудова таких фільтрів не проста задача [1, 2]. Тому для мобільної платформи необхідні більш прості методи побудови таких фільтрів.

Автори запропонували використовувати цифрові фільтри низьких та високих частот першого порядку. Передавальні функції таких нормованих фільтру низьких частот $H_L(z)$ та високих частот $H_H(z)$ мають наступний вигляд:

$$H_L(z) = \frac{a_L + a_L z^{-1}}{1 + b_1 z^{-1}},$$

$$H_H(z) = \frac{a_H - a_H z^{-1}}{1 + b_1 z^{-1}}.$$

Тоді передавальну функцію фазового фільтру можна отримати за рахунок їх різниці

$$H_F(z) = H_L(z) - H_H(z) \quad (1)$$

В такому випадку формуються необхідні поліноми чисельника і знаменника, а фаза визначається наступним чином

$$\varphi_1(\bar{\omega}) = \arctg \frac{(ab_1 - d) \sin(\bar{\omega})}{(a + db_1) + (ab_1 + d) \cos(\bar{\omega})},$$

де $a = a_L - a_H$, $d = a_L + a_H$.

Для підвищення порядку доцільно елементарну передавальну функцію $H_F(z)$ з (1) помножувати один на одного або зводити у відповідний ступінь, тобто

$$(H_F(z))_n = \prod_{i=1}^n H_{Fi}(z) = (H_F(z))^n.$$

В такому випадку фаза змінюється в співвідношенні

$$\varphi_n(\bar{\omega}) = n\varphi_1(\bar{\omega}),$$

де $\varphi_1(\bar{\omega})$ - фаза фазового коректора першого порядку.

Для практичної реалізації запропоновано структурну схему вузла корекції, в якій сигнал надходить на два канали. В першому з'єднані n елементарних ФНЧ фільтрів, в другому - n елементарних ФВЧ фільтрів. Виходи кожного з фільтрів такого з'єднання у кожному каналі поступають на комутатор, який в залежності від функціонування тракту та спотворення сигналу комутує виходи необхідної кількості елементарних фільтрів на суматорі, який виконує віднімання відповідно до співвідношення (1). Таким

чином, формується АЧХ та ФЧХ нового з'єднання, яке еквівалентно фазовому фільтру відповідного порядку. При цьому частота зрізу ФНЧ и ФВЧ стає управляючим параметром корекції фази. Однак, відомо що при помноженні передавальних функцій АЧХ ФНЧ зсувається в область низьких частот, а АЧХ ФВЧ - у область високих частот, що тим паче дозволяє сформулювати АЧХ фазового фільтру.

Слід відмітити, що на борту автономної мобільної платформи обмежені енергетичні ресурси. Тому таке рішення не дуже вдало з точки зору енергоспоживання, оскільки водночас будуть підключені 2n фільтрів, але з іншої сторони при такої реалізації зменшується перехідний процес, оскільки фільтри вже підключені, а комутатор тільки підключає необхідні сигнали для формування корекції. В такому випадку необхідно вирішувати це протиріччя та формувати канал корекції.

Однак, таке рішення можливо побудувати на ПЛІС, яке буде запрограмоване заздалегідь і імplementовано до тракту обробки, та дозволяє в залежності від функціонування платформи автоматично по критерію спотворення змінювати конфігурацію каналу обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mitra S. Digital signal processing. McGraw-Hill, 2001, 866 p.
2. Krstic I. Design of allpass-based IIR multi-notch filters with identical pole radiuses. Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 20, No. 1, February 2023, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.2298/SJEE2301001K>

УДК 004.94:681.5

Баранова О.А.¹, Миронова Н.О.²

¹ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ШЕСТИНОГИХ РОБОТІВ В УМОВАХ ПЕРЕСІЧЕНОЇ МІСЦЕВОСТІ

Складний рельєф, такий як гірська місцевість, лісові масиви, пустелі або зони стихійних лих, створює серйозні виклики для пересування роботів. Адаптивні алгоритми управління підвищують стійкість і надійність роботів, розширюючи їхній потенціал у наукових, рятувальних, промислових та дослідницьких завданнях, дозволяючи працювати в умовах, що є небезпечними або важкодоступними для людини.

Шестиногі роботи (гексаподи), завдяки своїй високій стійкості та прохідності, знаходять застосування в багатьох галузях, де важливі надійність і здатність адаптуватися до складного рельєфу. Шестиногі роботи

можуть одночасно тримати на землі три ноги, що створює стійкий трикутник опори і забезпечує стабільність навіть на нерівних і складних поверхнях. Завдяки наявності шести кінцівок, гексаподи можуть адаптувати свою ходу до різних поверхонь, наприклад, кам'янистих, піщаних, болотистих чи крутих. Навіть якщо одна з кінцівок вийде з ладу, гексапод здатен зберігати часткову функціональність і пересуватись за рахунок інших кінцівок. Гексаподи можуть обертатися навколо власної осі або переміщуватися боком, що робить їх ідеальними для маневрування в обмежених просторах. Розробка алгоритмів пересування шестиногих роботи в умовах пересіченої місцевості має велике значення, оскільки такі роботи можуть працювати в умовах, недоступних для колісних і гусеничних роботів.

Мета даної роботи – розробити та реалізувати алгоритм управління для шестиногих роботів, що дозволить пересуватися на пересіченій місцевості з високою стійкістю та адаптивністю.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати існуючі алгоритми управління шестиногими роботами таких як триногий, хвильовий, адаптивний алгоритм управління тощо;
- проаналізувати алгоритми і технології, що забезпечують стабільність та адаптивність на нерівній поверхні (наприклад, алгоритми зворотного зв'язку, алгоритми з машинним навчанням);
- порівняти алгоритми для пересування на пересіченій місцевості;
- розробити модифікований алгоритм пересування гексапода на пересіченій місцевості;
- провести тестування розробленого алгоритму на різних типах рельєфів;
- провести експериментальне дослідження розробленого алгоритму.

Об'єкт дослідження – процес керування шестиногого робота, які призначені для роботи на пересіченій місцевості.

Предмет дослідження – алгоритми управління, які дозволяють роботу адаптуватися до складних рельєфів.

Методи дослідження:

- комп'ютерне моделювання руху гексапода з використання розробленого алгоритму;
- тестування алгоритму у системі симуляції.

Очікувані результати роботи:

- моделювання параметрів пересування шестиногого робота (опис моделі робота, параметрів ніг, силових параметрів, кутів руху, кінематичних та динамічних моделей для пересування на нерівній поверхні);
- аналіз існуючих алгоритмів для пересування на пересіченій місцевості;

- розробка алгоритму управління, опис його особливостей, переваг та потенційних обмежень;

- вибір сенсорних компонентів, які використовуються для збору інформації про рельєф і оцінку стабільності пересування;

- створення симуляційної моделі робота в умовах пересіченої місцевості.

Наукова новизна розробки алгоритму руху гексапода по пересічній місцевості полягає в створенні адаптивного та стійкого алгоритму управління, який дозволяє шестиногому роботу автономно та безпечно пересуватися на складних рельєфах.

Практична цінність розробки алгоритму руху гексапода по пересіченій місцевості полягає в його здатності розширити можливості роботів для роботи в складних умовах, де інші типи мобільних роботів виявляються менш ефективними. Такий алгоритм дозволить застосовувати гексаподів у нових сферах та дозволить підвищити їхню функціональність і ефективність у вже існуючих.

Розроблений алгоритм управління для шестиногих роботів дозволить адаптувати їхню ходу до різних типів пересіченої місцевості, забезпечуючи високу стійкість та ефективність. Проведений аналіз існуючих алгоритмів, таких як триногий і хвильовий, дозволив виділити їхні переваги й обмеження для складних рельєфів.

Запропоновані рішення розширюють сферу застосування гексаподів, дозволяючи використовувати їх у наукових, рятувальних та промислових завданнях. Практичне впровадження алгоритму відкриває можливості для створення більш автономних роботизованих систем, здатних працювати в умовах, недоступних для традиційних мобільних платформ.

УДК 681.865.8

Єфіменко М.В.¹, Миронова Н.О.², Баранова О.А.³

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр.БК-613М НУ «Запорізька політехніка»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КУТОВОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА В ПАРАМЕТРАХ РОДРІГА-ГАМІЛЬТОНА ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

Серед різних моделей кутового руху твердого тіла найпоширенішою є модель, в якій динаміка описується рівнянням Ейлера, а кінематика - кінематичним рівнянням в параметрах Родріга-Гамільтона. Рівняння цієї моделі мають такий вигляд: [1]

$$J\dot{\omega} + \omega \times (J\omega) = M_u$$

$$2\dot{\Lambda} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega^T \\ \omega & -\Phi(\omega) \end{bmatrix} \Lambda,$$

де

ω – кутова швидкість обертання тіла,

J – тензор інерції тіла.

M_u – керуючий момент,

$\Phi(x) = \begin{pmatrix} 0 & -x_3 & x_2 \\ x_3 & 0 & -x_1 \\ -x_2 & x_1 & 0 \end{pmatrix}$ – лінійний кососиметричний оператор векторного добутку, який визначається рівнянням

$$\Phi(x)y = x \times y;$$

$\Lambda = (\lambda_0 \ \lambda)^T$ – вектор параметрів Родріга Гамільтона.

Модель описує динаміку кутового руху твердого тіла відносно нерухомої системи координат. Перевагою цієї моделі є відсутність обчислювальних особливостей і мінімальна надлишковість вектору стану. Недоліками – нелінійність моделі, що ускладнює синтез законів керування кутовим рухом твердого тіла. Задачу синтезу можна суттєво спростити, якщо в якості моделі кутового руху КА використовувати модель кутового руху, побудовану на основі динамічного рівняння руху точки по одиничній сфері в чотиривимірному просторі

$$\ddot{X} = (I_4 - XX^T)U - \|\dot{X}\|^2 X$$

де I_4 – одинична матриця розміру 4×4 ;

$X \in R^4$ – нормований одиничний вектор ($\|X\| = 1$);

$U \in R^4$ – вільний параметр (керування).

Це рівняння запропоновано М.Ф. Кириченком [2] і описує множину всіх допустимих керованих переміщень точки на поверхні сфери з одиничним радіусом в чотиривимірному просторі. На основі цього динамічного рівняння в роботі розроблена нова модель обертального руху твердого тіла у вигляді системи диференціальних рівнянь другого порядку відносно параметрів Родріга-Гамільтона. Модель має такий вигляд:

$$\ddot{\Lambda} = (I_4 - \Lambda\Lambda^T)U - \Lambda\|\dot{\Lambda}\|^2.$$

Для цієї моделі запропоновано перетворення правої частини динамічного рівняння Ейлера в новий вектор керування $U \in R^4$, що дозволяє

компактно записати праву частину динамічного рівняння як функцію параметрів Родріга-Гамільтона. Перетворення має такий вигляд:

$$U = \frac{1}{2} A(\Lambda)^T J^{-1} \times (M_u - \omega \times J\omega)$$

Знайдене перетворення оборотне, що дозволяє за допомогою оберненого перетворення:

$$M_u = 2JA(\Lambda_{RB})U + \omega_B^{BI} \times J\omega_B^{BI}$$

повернутися до початкової форми правої частини динамічного рівняння Ейлера і знайти керуючий момент, який повинні створювати виконавчі органи системи керування. Так як модель кутового руху тіла в параметрах Родріга-Гамільтона є окремим випадком руху точки по сфері в просторі R^n ($n = 4$ то були досліджені основні властивості рівняння руху точки по сфері в n -вимірному просторі і доведені три твердження, які значно спрощують розв'язання задач керування кутовим рухом твердого тіла. Твердження формулюється наступним чином:

Твердження 1. Нехай задано нелінійну систему диференціальних рівнянь:

$$\dot{x}^{(m)} = F(x, \dot{x}, \ddot{x}, \dots x^{(m-1)}).$$

Будемо розглядати компоненти вектора $x(t)$ як координати однойменної точки, яка рухається у просторі R^n за деякою траєкторією, яка визначається вектором $x(t)$. При цьому вектор функції $x(t)$, $t \in [t_0, t_1]$ задовольняє умові $\|x(t)\| \neq 0$. Тоді рух проєкції цієї точки на одиничну сферу в просторі R^n , яка визначається ортом:

$$x_0(t) = \frac{x(t)}{\|x(t)\|},$$

описується рівнянням

$$\ddot{x}_0 = (I_n - x_0 x_0^T) f - x_0 \|\dot{x}_0\|^2$$

де

$$f = \frac{\ddot{x}}{\delta} - 2 \frac{\dot{\delta}}{\delta} \dot{x}_0 + \alpha x_0, \delta = \|x(t)\|, \dot{\delta} = x_0^T \dot{x}_0,$$

а $\alpha(t)$ є довільною скалярною функцією часу.

Твердження 2. Нехай на одиничній сфері у просторі R^n задано точку x_0 , рух якої описується рівнянням:

$$\ddot{x}_0 = (I_n - x_0 x_0^T) f - x_0 \|\dot{x}_0\|^2$$

Одиничному вектору $x_0(t)$ можна поставити у відповідність вектор $x(t)$, зміна координат якого в часі описується системою рівнянь:

$$\dot{x}(t) = \Psi,$$

де відповідно до твердження 1, функція Ψ має вигляд

$$\Psi = \delta f + \delta \dot{x}_0 + \alpha x_0$$

Якщо в початковий момент часу виконуються співвідношення:

$$x(t_0) = x_0(t_0), \dot{x}(t_0) = \dot{x}_0(t_0),$$

то є взаємно-однозначна відповідність між векторами $x_0(t)$ і $x(t)$, визначається виразами:

$$x_0(t) = \frac{x(t)}{\delta}, \dot{x}_0(t) = (I_n - x_0 x_0^T) \frac{\dot{x}}{\delta},$$

$$x(t) = \delta x_0(t), \dot{x}(t) = \delta \dot{x}_0(t) + \delta \dot{x}_0(t)$$

Твердження 3. Нехай на одиничній сфері у просторі R^n задано точку $x_0(t)$, рух якої описується рівнянням:

$$\ddot{x}_0 = (I_n - x_0 x_0^T) f - x_0 \|\dot{x}_0\|^2$$

де f є вектором керування. Тоді вектори $\dot{x}_0$ та f пов'язані співвідношенням:

$$f = \ddot{x}_0 + \alpha x_0,$$

де змінна α – довільна скалярна функція.

Твердження 2 дозволяє при побудові вектору керування f перейти від рівняння руху по сфері, де накладено обмеження на координати, до рівняння руху в просторі R^n , яке, як правило, простіше, ніж рівняння руху точки по сфері і не містить обмежень. Для моделі без обмежень знаходять розв'язання задачі оптимального керування. Потім, використовуючи твердження 1, будують керування, що забезпечує заданий рух по сфері.

Твердження 3 дає можливість представити рівняння руху по сфері у вигляді:

$$\ddot{x}_0 = f - \alpha x_0$$

Так як змінна α не впливає на характер руху вектору x_0 , то її при побудові керування можна дорівнювати нулю ($\alpha = 0$). У цьому випадку рівняння для вектору x_0 приймає простий вигляд:

$$\ddot{x}_0 = f$$

Для цього рівняння можна знайти аналітичне розв'язання практично для будь-якої задачі керування (знайти f).

Запропоновані вище твердження дозволяють будувати алгоритми керування кутовим рухом твердого тіла за наступною схемою:

Крок 1. Визначимо вектор параметрів Родріга -Гамільтона $\Lambda(t)$ наступним чином:

$$\Lambda(t) = \frac{x(t)}{\|x(t)\|},$$

де рух вектору $x(t)$, $(x(t) \in R^4)$ описується диференціальним рівнянням вигляду:

$$\ddot{x} = \Psi$$

а Ψ є вектором керування. Вектор x та керування Ψ знаходяться, як розв'язання задачі оптимального керування: *знайти закон керування ψ , що переводить систему*

$$\ddot{x} = \Psi$$

з поточного положення в момент часу t_0 в потрібне положення у момент часу t_1 і забезпечує мінімум деякому функціоналу:

$$L(t) = \int_{t_0}^{t_1} \varphi(x, \dot{x}, \Psi) dt$$

Права частина диференціального рівняння для вектору $x(t)$ має дуже простий вигляд, і для цього рівняння існують аналітичні розв'язання практично всіх задач оптимального керування.

Крок 2. Відповідно до твердження 1 знаходиться керування, що забезпечує потрібні вимоги до кутового руху.

$$U = \frac{\ddot{x}}{\delta} - 2 \frac{\dot{\delta}}{\delta} \dot{\Lambda}, \delta = \|x(t)\|, \dot{\Lambda}(t) = (I_4 - \Lambda \Lambda^T) \frac{\dot{x}}{\delta}, \dot{\delta} = \Lambda^T \dot{\Lambda}$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wittenburg J. (1977). Dynamics of Systems of Rigid Bodies. Vieweg+Teubner Verlag, 224 p. doi:10.1007/978-3-322-90942-8.
2. Кириченко М.Ф., Матвієнко В.Т. Алгоритми асимптотичної, термінальної та адаптивної стабілізації кутових рухів твердого тіла // Проблеми керування та інформатики. 2003. №1. С.5–15.

УДК 004.94:681.5

Кондратенко В.Ю.¹, Єфименко М.В.², Миронова Н.О.³

¹ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗУМНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Сучасні виробничі системи стикаються з викликами, пов'язаними з підвищенням складності обладнання, необхідністю мінімізації витрат і забезпечення безперервності виробничих процесів. У таких умовах традиційні методи обслуговування, засновані на фіксованих графіках або реактивних підходах до усунення несправностей, є недостатньо ефективними. Предиктивне обслуговування, що базується на аналізі великих обсягів даних та застосуванні штучного інтелекту, відкриває нові можливості для підвищення надійності обладнання та скорочення витрат. Використання таких технологій, як сенсори IoT, машинне навчання та аналіз даних у реальному часі, дозволяє заздалегідь виявляти потенційні поломки, прогнозувати їхній вплив на виробничий процес і своєчасно реагувати на можливі проблеми.

Застосування предиктивного обслуговування актуальне не лише для великих промислових підприємств, але й для середніх та малих виробництв, які прагнуть підвищити свою конкурентоспроможність і оптимізувати використання ресурсів. Інтеграція цих технологій сприяє зменшенню часу простоїв, підвищенню ефективності та забезпеченню стабільної роботи виробничих процесів навіть за умов інтенсивної експлуатації обладнання. Крім того, розробка універсальних моделей предиктивного обслуговування має велике значення для адаптації цих підходів до різних типів підприємств і технологічних платформ.

Мета даної роботи – розробити та реалізувати алгоритм предиктивного обслуговування для розумних виробничих систем з урахуванням технологій машинного навчання і аналізу великих даних для підвищення надійності та ефективності виробництва.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз сучасних підходів до предиктивного обслуговування у виробничих системах;
- дослідити алгоритми машинного навчання для прогнозування несправностей обладнання;

- розробити модель предиктивного обслуговування, що інтегрує сенсори, IoT та аналітичні модулі;
- впровадити запропонований алгоритм у симуляційному середовищі з використанням реальних виробничих даних;
- провести тестування розробленого алгоритму;
- оцінити ефективність запропонованого алгоритму за показником точності прогнозування.

Об'єкт дослідження – обладнання розумних виробничих систем, що потребує регулярного обслуговування.

Предмет дослідження – алгоритми та моделі предиктивного обслуговування, що базуються на застосуванні технологій штучного інтелекту.

Методи дослідження:

- теоретичний аналіз існуючих підходів до предиктивного обслуговування;
- розробка алгоритмів машинного навчання для аналізу виробничих даних;
- тестування алгоритму у системі симуляції;
- експериментальне дослідження розробленої моделі на основі реальних даних виробничих систем.

Очікувані результати роботи:

- розробка алгоритму прогнозування несправностей обладнання;
- створення прототипу системи інтеграції даних з сенсорів, IoT і ШІ-модулів для обслуговування;
- зменшення витрат і підвищення стабільності роботи виробничих систем.

Наукова новизна роботи полягає у створенні алгоритму предиктивного обслуговування, який використовує технології ШІ для точного прогнозування відмов і зменшення часу на прийняття рішень.

Практична цінність полягає у можливості інтеграції розроблених алгоритмів у реальні виробничі системи, що дозволить зменшити втрати, підвищити ефективність обслуговування та забезпечити високу надійність роботи обладнання.

У роботі буде розроблено алгоритм предиктивного обслуговування для розумних виробничих систем, що інтегрує сенсори, IoT та штучний інтелект для забезпечення своєчасного усунення несправностей. Технології предиктивного обслуговування дозволяють перейти від реактивних методів до проактивного управління обладнанням.

Розроблена система може бути адаптована для різних типів обладнання, забезпечуючи універсальність її використання з метою скорочення часу простоїв і мінімізації ризиків несправностей.

Подальші дослідження зосереджуватимуться на оптимізації алгоритмів для роботи з великими обсягами даних та реальними виробничими умовами.

УДК 004.94:681.5

Кузовін Д.С.¹, Єфименко М.В.², Миронова Н.О.³

¹ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ РОБОТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЛЮДИНИ

Сучасна медицина потребує високотехнологічних рішень для точного, швидкого та надійного виконання діагностичних процедур, особливо в умовах зростаючого попиту на якісну медичну допомогу. Використання роботизованих систем, інтегрованих з алгоритмами управління на основі штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML), відкриває нові можливості для автоматизації діагностики та зменшення навантаження на медичний персонал. Такі системи забезпечують високу точність і повторюваність результатів, що важливо для зменшення ризику людських помилок. Інтеграція AI/ML дозволяє аналізувати великі обсяги даних, таких як зображення з МРТ, УЗД або сигнали біосенсорів, у режимі реального часу, що прискорює процес прийняття рішень.

Крім того, роботизовані системи забезпечують можливість адаптації до анатомічних особливостей кожного пацієнта, підвищуючи точність та індивідуалізацію процедур. Завдяки інтеграції з сучасними сенсорами, вони можуть отримувати й обробляти фізіологічні дані з високою роздільною здатністю, дозволяючи виявляти патології на ранніх стадіях. У поєднанні з алгоритмами автоматичного налаштування такі системи здатні значно знизити потребу у втручанні оператора, забезпечуючи при цьому стабільну роботу навіть у складних умовах.

Мета даної роботи – розробити адаптивний алгоритм управління роботизованими системами, які використовуються для медичної діагностики людини, з інтеграцією AI/ML технологій для аналізу даних та прийняття рішень у режимі реального часу.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- дослідити роботизовані системи, які використовуються для медичної діагностики;

- дослідити наявні алгоритми управління роботами, що використовуються для медичних діагностичних систем;
- дослідити технології AI/ML для обробки медичних даних, таких як зображення з МРТ, УЗД та даних біосенсорів;
- розробити адаптивний алгоритм управління для точного позиціонування та стабільності роботи системи;
- реалізувати компоненти AI/ML для аналізу вхідних даних і автоматичного налаштування системи відповідно до анатомічних особливостей пацієнта;
- визначити сенсорні компоненти для збору біометричних і фізіологічних даних;
- дослідити алгоритми обробки сигналів для підвищення точності системи;
- виконати моделювання роботи системи у віртуальному середовищі з використанням симуляційних платформ, таких як ROS або Webots;
- провести експериментальне дослідження розробленої системи.

Об'єкт дослідження – роботизовані системи, призначені для виконання медичних діагностичних процедур.

Предмет дослідження – алгоритми управління, що інтегрують AI/ML для забезпечення точності та адаптивності системи.

Методи дослідження:

- існуючі алгоритми комп'ютерного зору, такі як розпізнавання зображень на основі згорткових нейронних мереж (CNN) для обробки МРТ та УЗД-зображень; алгоритми класифікації аномалій на основі дерев рішень і градієнтного бустингу; моделі сегментації медичних зображень, наприклад, U-Net та ResNet;
- дослідження моделей діагностики, зокрема прогнозування захворювань на основі аналізу фізіологічних даних за допомогою рекурентних нейронних мереж (RNN) і моделей LSTM для аналізу часового ряду біосигналів;
- розробка програмного забезпечення для обробки даних сенсорів, зокрема інтеграція алгоритмів обробки сигналів ЕКГ, ЕЕГ і даних тепловізорів для точного виявлення відхилень;
- тестування алгоритмів у системах симуляції, таких як ROS і Webots, з моделюванням сценаріїв діагностики пацієнтів із використанням віртуальних датчиків і роботизованих маніпуляторів для точного позиціонування і збору даних.

Наукова новизна полягає у тому, що будуть запропоновані алгоритми управління роботизованими системами для медичних діагностичних процедур на основі технології штучного інтелекту, що дозволить підвищити

точність діагностики, зменшити вплив людського фактору та автоматизувати процес прийняття рішень у реальному часі.

В результаті буде розроблено прототип системи для автоматизації складних діагностичних процедур, що дозволить значно зменшити час на обробку даних.

УДК 004.94:681.5

Латишов О.В.¹, Єфименко М.В.², Миронова Н.О.³

¹ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

Сучасне будівництво вимагає підвищення ефективності управління проектами, контролю виконання робіт і забезпечення безпеки на будівельних майданчиках. Технології автоматизації, такі як безпілотні літальні апарати (БПЛА), відкривають нові можливості для збору даних, аналізу прогресу та оперативного реагування на проблеми. Безпілотні системи дозволяють проводити моніторинг із високою точністю, мінімізуючи вплив людського фактору та знижуючи витрати.

Принципи роботи БПЛА у будівництві базуються на можливості автономного чи дистанційного виконання завдань, пов'язаних із збором, передачею та аналізом даних. БПЛА оснащуються камерами високої роздільної здатності, тепловізорами, сенсорами глибини та іншими датчиками, що дозволяють отримувати детальну інформацію про стан будівельного майданчика. Основним етапом роботи БПЛА є попереднє планування польоту: оператор задає маршрут, висоту та ключові точки, які дрон має відвідати. Після запуску пристрій виконує місію, скануючи місцевість і записуючи отримані дані.

Дрони здатні здійснювати 3D-сканування об'єктів і територій за допомогою технології фотограмметрії. Вони роблять серію фотографій із різних кутів, які згодом обробляються програмним забезпеченням для створення тривимірної моделі. Це дозволяє не лише оцінити поточний стан будівництва, але й порівняти його з проектними моделями, виявивши відхилення чи помилки в реальному часі. Тепловізори, інтегровані в БПЛА, можуть визначати дефекти в конструкціях, наприклад, виявляти ділянки тепловтрат або зони з потенційним ризиком обвалу.

Завдяки своїй мобільності та здатності працювати в складних умовах, БПЛА можуть моніторити важкодоступні ділянки, такі як висотні споруди чи

території з нерівним рельєфом. Це значно підвищує безпеку робітників, знижуючи необхідність їхньої фізичної присутності в небезпечних зонах. БПЛА також забезпечують значну економію часу, виконуючи задачі моніторингу за лічені хвилини, що було б недосяжно при традиційних методах інспекції.

Мета даної роботи – розробити та реалізувати прототип системи, що дозволить сканувати місцевість та виконувати моніторинг виконаної роботи на будівельному майданчику за допомогою БПЛА.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз аналогічних систем для моніторингу будівельних майданчиків;
- дослідити методи збору, передачі та обробки даних із сенсорів БПЛА;
- розробити алгоритми для автоматичного аналізу зібраних даних;
- створити програмне забезпечення для управління безпілотним пристроєм та візуалізації даних;
- провести тестування системи на реальному або симуляційному будівельному майданчику;
- порівняти результати роботи системи із традиційними методами.

Об'єкт дослідження – процеси моніторингу будівельних майданчиків із використанням автоматизованих систем.

Предмет дослідження – безпілотні системи та алгоритми їх програмного забезпечення для моніторингу будівельних майданчиків.

Методи дослідження:

- аналіз існуючих рішень у сфері автоматизації будівництва;
- розробити алгоритм обробки даних;
- провести тестування розробленого алгоритму на різних типах рельєфів;
- провести оцінку ефективності розробленого алгоритму і витрат енергії.

Очікувані результати роботи:

- створення працездатної симуляції безпілотної системи;
- оцінка розробленої системи автоматизованого моніторингу порівняно з існуючими системами;
- виявлення обмежень та потенційних шляхів покращення розробленої системи.

Наукова новизна полягає у тому, що буде запропонована система, що дозволить інтегрувати сучасні методи аналізу даних і технології БПЛА для вирішення задач автоматизованого моніторингу з метою підвищення точності і швидкості збору інформації.

Практична цінність полягає у тому, що буде розроблена система, яку можна бути впровадити в будівельні компанії для оптимізації контролю прогресу проектів та забезпечення безпеки.

У роботі розглянуто використання БПЛА для моніторингу будівельних майданчиків, що дозволяє значно підвищити точність і оперативність збору даних. Запропонована система інтегрує сучасні методи аналізу даних, технології БПЛА та алгоритми автоматизації, що знижує вплив людського фактору.

УДК 004.94:681.5

Шевченко Т.В.¹, Єфименко М.В.², Миронова Н.О.³

¹ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ КЕРУВАННЯ БПЛА ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Актуальність роботи обумовлена передовими розробками у сфері нейронних мереж та безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які відкривають нові перспективи для підвищення автономності й розширення функціональних можливостей дронів. Використання нейронних мереж для керування БПЛА мінімізує вплив людського фактору, дозволяючи навіть малодосвідченим користувачам опановувати управління дронами. Це особливо важливо для військових, рятувальних та дослідницьких завдань, де швидкість і точність дій мають критичне значення.

Інтеграція нейронних мереж у БПЛА забезпечує часткову незалежність від зовнішнього зв'язку, що дає змогу працювати в умовах штучних сигнальних перешкод, таких як засоби радіоелектронної боротьби. Використання сучасних методів машинного навчання дозволяє ефективно вирішувати задачі автономного польоту та уникнення перешкод, підвищуючи функціональність і точність керування БПЛА. Таким чином, впровадження новітніх технологій робить БПЛА ефективнішими, надійнішими та доступнішими для різноманітних завдань.

Мета роботи – визначити найбільш оптимальний принцип навчання керуванню БПЛА через нейронні мережі, за яким дрон буде здатний виконувати поставлені задачі не зважаючи на перешкоди, а також не створювати надмірного навантаження на апаратну складову БПЛА.

Застосування БПЛА, які керуються за допомогою нейронних мереж, у військовій справі має багато переваг; зокрема – робота в радіусі дії засобів радіо-електронної боротьби (РЕБ). Оскільки в межах дії РЕБ зв'язок між

БПЛА та оператором спотворюється або взагалі втрачається, то надалі БПЛА керуватиметься за допомогою локальної нейронної мережі або результатів зовнішнього машинного навчання. Проте таке технічне рішення не дає результатів у випадках використання гармат електро-магнітних імпульсів (ЕМІ), які діють безпосередньо на БПЛА, блокуючи вже між компонентні зв'язки у дрону.

Програмування БПЛА – доволі поширена спеціалізація; зараз активно застосовуються дрони (компактні БПЛА), апаратна складова яких підтримує користувацьке ПЗ та усі його особливості.

Проте тут можуть виникати складнощі з завантаженням локальних нейронних мереж. По перше: обмежений об'єм пам'яті контролера дронів, через що можуть бути складнощі зі встановленням навіть спрощеної нейронної мережі, оскільки не кожна модель дрону підтримує її розширення за допомогою накопичувачів.

По друге: обмежена пропускна здатність самих контролерів; більшість нейронних мереж вимагає великих обчислювальних можливостей апаратної частини, на яку їх встановлено, і не кожен інтегрований контролер дрону може їх забезпечити.

Проте у локальних нейронних мереж є і переваги, зокрема: часткова незалежність від сигналів оператора, що дозволяє БПЛА виконувати задачі за межами покриття, а також в межах дії штучних сигнальних перешкод (засоби РЕБ тощо).

Використання цифрових двійників для машинного навчання оминає ці проблеми, оскільки тут нейронна мережа навчається керувати цифровою копією дрону, а на фізичний пристрій завантажується вже результат навчання. Єдиним недоліком такого методу залишається лише наявність відмінностей у конструктивному плані між фізичним пристроєм і цифровим двійником (різна якість рухомих деталей тощо), що вимагає додаткового тестування керування на кожному пристрої; а також створює труднощі у випадку встановлення неоригінальних деталей під час їх ремонту.

Побудова власних БПЛА має власні переваги і недоліки.

Серед переваг можна виділити низьку вартість та відкритість вхідного коду керування, що дозволяє більш швидко проводити навчання нейронної мережі.

Проте у таких БПЛА є і недоліки: не кожен контролер здатний підтримувати роботу нейронної мережі та керування дроном одночасно, а використання додаткових модулів для роботи з ШІ значно збільшує вартість БПЛА. Цю проблему можна вирішити, застосувавши цифрового двійника.

Також можуть виникнути проблеми зі створенням цифрового двійника: не кожна система симуляції має підтримку усіх можливих компонентів, які користувачі застосовують для виготовлення БПЛА. У такому випадку

доречно обирати аналоги компонентів, проте при перенесенні результатів навчання цифрового двійника до фізичного пристрою, необхідно провести додаткові тестування, щоб відкоригувати керування для умов певних компонентів.

Керування БПЛА за допомогою нейронних мереж має значний потенціал у військовій галузі. Існує два методи машинного навчання: встановлення нейронної мережі безпосередньо у бортовий комп'ютер БПЛА; та навчання керуванню з використанням цифрових двійників; кожен метод має власні переваги та недоліки. Збірка БПЛА власноруч зменшує загальну вартість проекту, але ускладнює процес його реалізації.

УДК 004.896 : 629.8

Гарачук С.А.¹ Щукін О.В.², Дорофеев К.О.³

¹ старш. викл. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172.12 НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ 3-ЛАНКОВИМ МІНІРОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ

Мета цього дослідження полягає в тому, щоб спроектувати та розробити 3-ланковий міні-робот, який працюватиме «точка-точка» та замінюватиме робочу деталь у промисловому чи установчому середовищі, а також залучити більше людей, щоб дізнатися більше про цей процес моделювання. Роботизовану руку можна описати як серію ланок, схожих на руку, які з'єднані та запрограмовані для виконання таких завдань, як збирання та розміщення, збирання тощо.

Цей проект зосереджений на розробці та структурному аналізі роботизованої руки. Прототипи допомагають у процесі проектування продукту досліджувати можливості дизайну, перевіряти теорії та підтверджувати ефективність перед початком. Цей прототип допоможе студентам застосувати свої теоретичні знання з робототехніки та системи керування для порівняння з практичними результатами.

При дослідженні кінематики роботизованих маніпуляторів часто використовується параметр Денавіта-Хартенберга (DH) [1]. Він працює, прикріплюючи координатну рамку до кожного з'єднання та вказуючи три параметри DH для кожного з'єднання, а потім будуючи таблицю DH, використовуючи ці параметри.

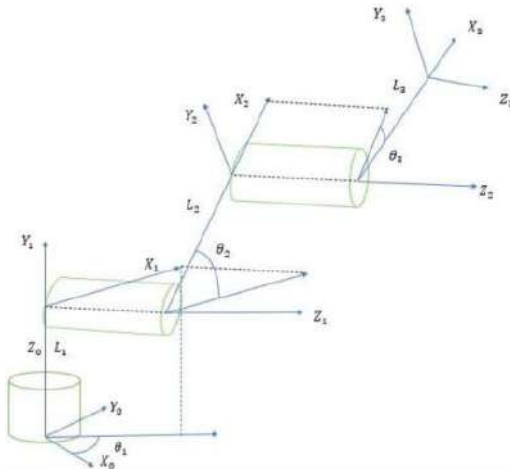


Рисунок 1 – Кінематична модель 3-ланкового міні-робота-маніпулятора

Перемножуючи матриці обертання та лінійного руху, для визначення перетворення можна використовувати наступне рівняння [2]. Коли відомі кути та довжина ланки, це обчислення можна виконати.

$$T_i = Rot_{z,\theta_i} * Trans_{x,\alpha_i} * Rot_{x,\alpha_i} \quad (1)$$

Матриці перетворення отримані з параметра DH

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & \sin\theta_1 & 0 \\ \sin\theta_1 & 0 & -\cos\theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & L_2 \cdot \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & L_2 \cdot \sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & L_3 \cdot \cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & L_3 \cdot \sin\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

У роботі використовується сервопривід MG966r, він важить 55 грамів і має розміри (40,7*19,7*42,9) мм, які зібрані з аркуша даних сервоприводу [3]. Серводвигун має крутний момент 9400 г/см при 4,8 В.

Було використано Autodesk Inventor Professional 2021 для побудови механічних ланок робота [4].



Рисунок 2 – Повна 3D-модель

На рис.3 на першому фото показано, що положення серводвигуна контролюються вручну. зображено перший спосіб, який передбачає використання потенціометра та ручне керування серводвигуном для вибору об'єкта з місця 1. На другому фото показано, що обраний об'єкт розміщено в місці 2 за допомогою потенціометра, яким керують вручну.

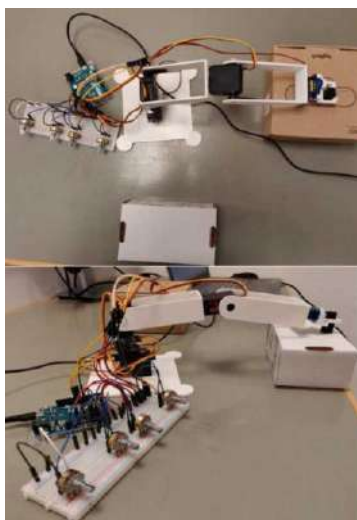


Рисунок 3 – Вибір об'єкта з місця 1 до місця 2 за допомогою потенціометрів

Після вибору об'єкта з місця 1 об'єкт розміщується в місці 2, а отриманий графік відображається за допомогою послідовного плоттера програмного забезпечення Arduino IDE.

У роботі перше завдання полягало в тому, щоб розрахувати максимальну довжину ланки, яку може нести сервопривід, а потім розробити робота за допомогою Autodesk Inventor 2021 для створення основних механічних елементів, які включали ланки, основу та захват робота відповідно до певних стандартів. Також метою було об'єднати механізм, електроніку та комп'ютерне керування для створення робочого прототипу робота. Крім того метою було створити програму для модуля Bluetooth, щоб ним можна було керувати за допомогою смартфона. Сформовано зв'язок між ПК і мікроконтролером Arduino. Щоб перевірити продуктивність робота, було застосовано кілька наборів режимів керування для підбору та розміщення об'єкта з одного місця в інше.

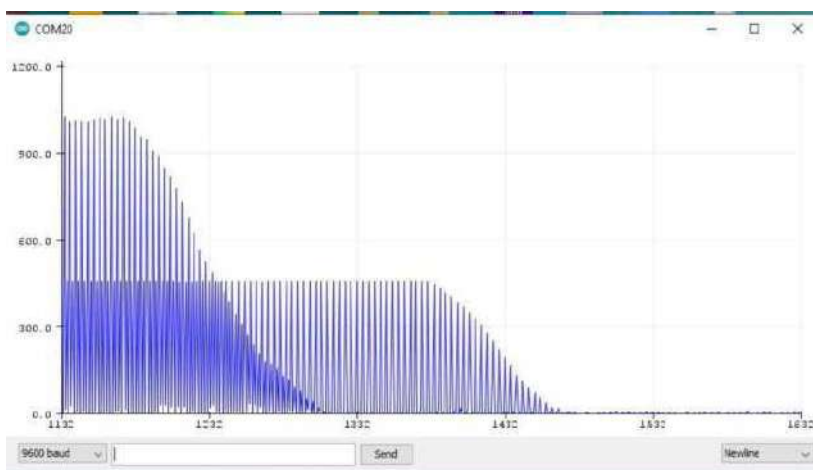


Рисунок 4 – Графік послідовного побудови розміщення об'єкта в точці 2 за допомогою потенціометрів

Спостерігаючи за результатами, можна сказати, що автоматичні операції 3-ланкового міні-робота-маніпулятора були кращими, ніж інші три техніки.

Модуль Bluetooth використовувався для керування всією рукою робота за допомогою смартфона, але всіма сервоприводами не можна було керувати зі смартфона, оскільки сервопривід MG966г трохи важкий. В результаті до Arduino підключається додаткове джерело живлення, а також USB-кабель. У результаті використання додаткового джерела живлення дозволило обертати

серводвигуни, керуючи ними через Bluetooth. Використання мікросервоприводів для вдосконалення моделі дасть кращі результати, оскільки вони легші та споживають менше енергії, ніж серводвигуни MG966r.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. A. Mohammed and M. Sunar, "Kinematics modeling of a 4-DOF robotic arm," 2015 International Conference on Control, Automation and Robotics, 2015, pp. 87-91, doi: 10.1109/ICCAR.2015.7166008.

2. A. Fredmer, "Application and Control of Robotic Manipulator through PLC," Dissertation, 2017.

3. "MG996R servo motor," Components101. <https://components101.com/motors/mg996r-servo-motor-datasheet>

4. "Inventor," Autodesk.eu, <https://www.autodesk.eu/products/inventor/overview?term=1>

УДК 629.05

Малий С.Ю.¹, Бровун Р.Ю.²

1 асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

2 студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ GPS-ПРИЙМАЧА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Програмний GPS-приймач — це функціональний GPS-приймач у програмному забезпеченні. Він має ряд переваг порівняно з апаратними аналогами. Наприклад, вдосконалення архітектури приймача, а також структури системи GPS можна легко проводити без значних витрат. Крім того, можна легко скоординувати взаємодію між сусідніми датчиками.

Реалізація SGR розглядається у двох розрізах, а саме розрізі обробки сигналу та розрізі навігації. Секція обробки сигналів керується необробленими зразками сигналу GPS, отриманими з інтерфейсу GPS приладу NordNav™ R-25. Реалізовано звичайний і блочний методи обробки сигналу синхронізації (BAAS) і порівняно їх характеристики з точки зору швидкості та вихідних даних. Секція обробки сигналів виводить необроблені вимірювання GPS і біти навігаційних даних. Оскільки в нашому випадку довжина вихідних даних є недостатньою, вхід секції навігації подається від GPS-приймача Ashtech™ для рухомої платформи та GPS-приймача Trimble™ для нерухомої платформи. Розрахунок положення супутника, корекція псевдодальності, фільтр Калмана та LSE (оцінка найменших квадратів) реалізовані в розділі навігації. Фільтр Калмана та методи LSE порівнюються

з точки зору точності позиціонування як для рухомої, так і для нерухомої платформи. Результати порівнюються з комерційними даними GPS. Це порівняння показує, що розділ програмної навігації еквівалентний комерційному GPS з точки зору точності позиціонування.

Як зазначено в [1], апаратні (на основі ASIC) GPS-приймачі забезпечують мінімальну гнучкість, оскільки апаратна платформа не забезпечує гнучкого середовища для будь-яких глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) нового покоління, таких як Galileo. Таким чином, концепція дизайну приймача на основі гнучкого програмного забезпечення набирає популярності у області технології GNSS. Концепція SGR забезпечує розвиток комфорту в навігаційних технологіях. Основні переваги програмних приймачів:

- SGR можна легко вбудувати в будь-яку платформу;
- покращення технології приймача можна легко оновити при реалізації SGR;
- оновлення системи GPS можна легко заблокувати (наприклад, нові смуги частот або нові типи псевдовипадкових кодів можуть бути визначені в структурі GPS);
- SGR можна легко інтегрувати з іншими пристроями (наприклад, інтеграція GPS/INS може бути розроблена та вдосконалена за допомогою гнучкого SGR).

Щоб реалізувати SGR, технологія GPS повинна бути зрозуміла шляхом вивчення літератури супутникової навігації.

Більшість джерел GPS посилаються на [2], оскільки характеристики сигналу GPS, вміст сигналу та алгоритми навігації визначені в цьому документі. На жаль, частина обробки сигналу не пояснюється в [2].

Джерело [3] є основним джерелом для розробника SGR. Однак фільтр Калмана, який використовується в навігаційних алгоритмах, не включено до цієї книги.

Загальні розділи приймача GPS (незалежно від апаратного чи програмного забезпечення) та функціональні можливості розділів коротко показані на рис. 1.

Як показано на рис.1, GPS-приймач складається з GPS-антени, інтерфейсу, модуля обробки цифрового сигналу та навігаційних алгоритмів. Інформація PVT (положення-швидкість-час) отримується на виході приймача GPS.

В роботі пропонується реалізувати повне програмне забезпечення GPS-приймача, за винятком бітової та кадрової синхронізації (рис.1). Як програмне середовище вибрано Matlab. Таким чином, структурну схему програмного GPS-приймача можна проілюструвати на рис.2.

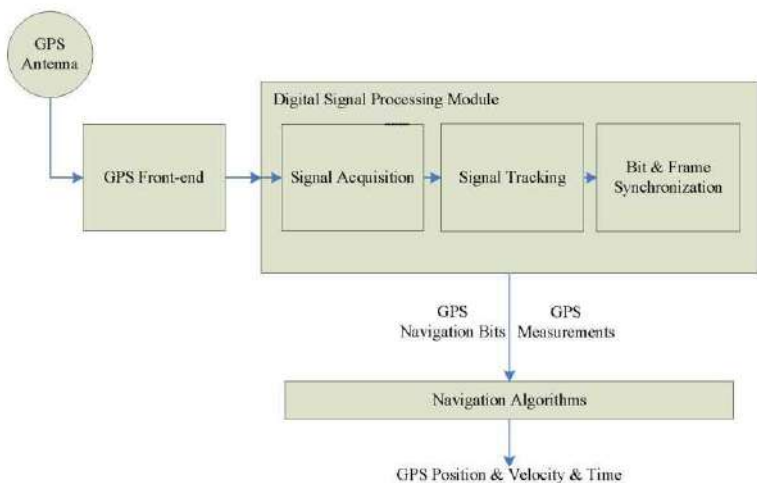


Рисунок 1 – Структура GPS-приймача

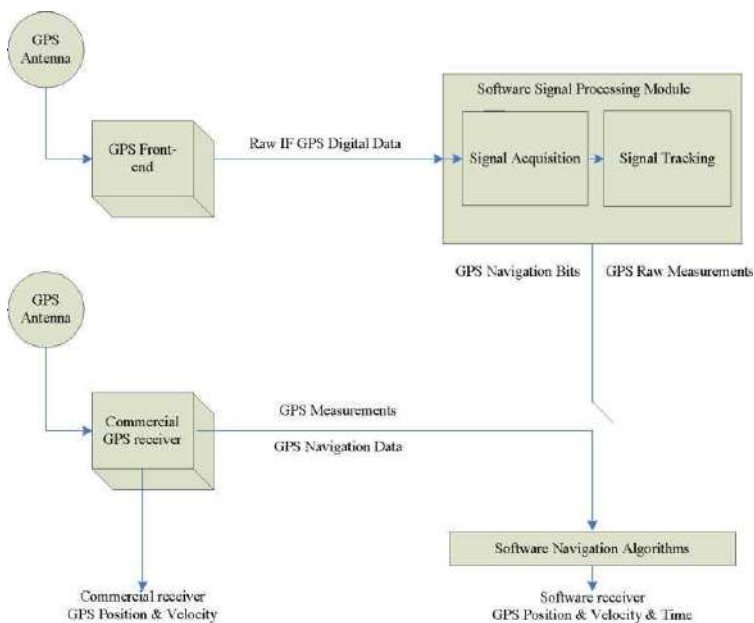


Рисунок 2 – Реалізований програмний приймач GPS

Пропонується реалізувати модуль обробки сигналів і навігаційні алгоритми окремо, як показано на рис. 2. Тривалість необроблених цифрових даних IF GPS отриманих з інтерфейсу GPS недостатня, щоб забезпечити необхідні навігаційні біти для навігаційних алгоритмів. Таким чином, GPS-вимірювання та навігаційні дані передаються від комерційного GPS-приймача до програмних навігаційних алгоритмів.

Необроблені цифрові дані IF GPS збираються з інтерфейсу GPS приладу NordNav™ R-25. Навігаційні біти спостерігаються на виході модуля обробки сигналів. Крім того, точні вимірювання в псевдодальності та частоті Доплера також отримуються на виході модуля обробки сигналу.

Щоб пояснити реалізовану операцію обробки сигналу, спочатку потрібно ввести сигнали GPS. Супутники GPS транслюють двочастотний сигнал на частотах L_1 (1575,42 МГц) і L_2 (1227,60 МГц). У цій роботі розглядається сигнал L_1 , оскільки це цивільний сигнал GPS. Сигнали GPS модулюються за допомогою методів розширеного спектру. Математичне представлення сигналу L_1 показано нижче, як визначено в [4]:

$$s(t) = \sqrt{2P_I}d(t)c(t) \cos(2\pi f_{L_1} t + \theta) + \sqrt{2P_Q}d(t)p(t) \sin(2\pi f_{L_1} t + \theta) \quad (1)$$

де P_I , P_Q – потужність сигналу;

$d(t)$ – навігаційні дані 50 біт/с;

$c(t)$, $p(t)$ – C/A(1,023 МГц) і P(10,23 МГц) псевдовипадкові коди;

f_{L_1} – частота каналу L_1 1575,42 МГц;

θ – різниця фаз.

Навігаційні дані в рівнянні (1) є низькочастотним сигналом, тоді як C/A (грубий/отримання) код і сигнал несучої є високочастотними сигналами. Для отримання та декодування сигналу GPS із космосу ці дві високочастотні складові сигналу GPS повинні бути отримані та відстежені. Тому сигнали GPS мають двовимірну невизначеність, якою є псевдокодовий зсув і ефект Доплера. Псевдокод сигналу GPS ($c(t)$ або $p(t)$) зсувається під час передачі сигналу від супутника до антени GPS. Крім того, ефект Доплера зміщує частоту несучого сигналу від центральної частоти 1575,42 МГц через високі швидкості супутника. Модуль обробки цифрового сигналу приймача визначає цю затримку коду та ефект Доплера, щоб виділити $d(t)$.

Це дослідження дало кілька переваг:

- швидко може бути розроблений апаратний приймач GPS на основі змодельованого SGR;

- будь-які вдосконалення в GPS приймачі можна легко адаптувати до впровадженого SGR, оскільки він досить гнучкий;

- приймачі нового покоління GNSS (наприклад Galileo) можуть бути реалізовані на основі досвіду;

- інтегровані системи, такі як інтеграція GPS/INS (інерціальна навігаційна система), можуть бути розроблені за допомогою реалізованого SGR як інструменту;

- різні сценарії для інтегрованих систем і досліджень GPS можна реалізувати за допомогою цього реалізованого SGR як інструменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dennis M. Akos, “Software Receiver Architectures & Design for GPS/GNSS”, Navtech Seminars&GPS Supply,Inc., ION GNSS 2004 Tutorial Course 550

2. GPS Interface Control Document ICD-GPS-200C-004,12.April.2000

3. James B. Y. Tsui, “Fundamentals of Global Positioning System Receivers, a software approach”, John Wiley & Sons, Inc., 2000

4. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews, “Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration”, John Wiley & Sons,Inc., 2000

УДК 629.8+621.3

Tarashchuk Yevhen¹

¹ PhD student NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

AUTOMATION AND REMOTE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PROCESSES

The swift progress of technology has profoundly impacted numerous industries, including the manufacturing sector. Integrating automation and remote control into manufacturing processes has become crucial in modern industrial operations, driving enhanced flexibility, efficiency, productivity, and safety. This presentation explores the benefits, challenges, and future potential of automation and remote control within the manufacturing sector’s operating processes.

Automation involves using technology to perform tasks without human intervention, while remote control enables managing and operating processes from afar. In the manufacturing sector, these advancements have transformed production lines, enhancing accuracy, speed, and cost-effectiveness.

Advantages of Automation and Remote Management:

- increased Productivity: automation and remote control enable continuous operation, minimizing downtime and greatly boosting output. These technologies also reduce errors, ensuring high-quality product manufacturing.

- cost Reduction: by automating repetitive tasks, companies can significantly cut labor expenses. Remote control further contributes to savings by reducing the need for on-site personnel.

- improved Safety: automation lowers the risk of workplace accidents by handling hazardous tasks, while remote control allows operators to manage processes from a secure location.

- enhanced Flexibility: automation and remote-control systems can be quickly reprogrammed to accommodate new product designs or evolving production requirements in the manufacturing sector.

Despite the many advantages, implementing automation and remote control in the manufacturing sector presents challenges. These include substantial initial investment costs, the requirement for a skilled workforce to oversee automated systems, and potential cybersecurity risks linked to remote control in operating processes.

The future of the manufacturing sector lies in 'Industry 4.0', which combines automation, remote control, and other advanced technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and machine learning. This integration will foster the development of 'smart factories' that offer enhanced flexibility through self-optimization, predictive maintenance, and real-time adaptability in operating processes.

Automation and remote control in manufacturing processes provide substantial advantages, such as boosted productivity, reduced costs, improved safety, and greater flexibility. Although challenges remain, the future of manufacturing hinges on adopting these technologies and integrating them into a unified, interconnected system. As we transition to Industry 4.0, it is essential for companies to invest in these advancements to stay competitive and maintain operational efficiency.

REFERENCES

1. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.

2. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37-44.

3. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Procedia CIRP*, 17, 537-542.

4. Chryssolouris, G. (2013). *Manufacturing Systems: Theory and Practice*. Springer.

5. Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. 49th Hawaii International Conference on System Sciences.

6. Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart Manufacturing for Industry 4.0: State of the Art and Future Challenges. 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing.

7. Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of Industry 4.0. International Journal of Innovation Management, 21(08), 1740015.

8. Wang, S., & Xu, C. (2018). Internet of Things in Manufacturing: A Comprehensive Review of Research and Applications. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 96(9), 3799-3821.

УДК 621.396.6 : 004.8

Малий О.Ю.¹, Поспеева І.Є.², Калашник О.А.³

¹ канд. тех. наук, доц. зав. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² ст. викл. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-613м НУ «Запорізька політехніка»

РОЗМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ НА ДРУКОВАНІЙ ПЛАТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сьогодні більшу частину навантаження на проектування друкованої плати бере на себе комп'ютер, де великі програмні пакети автоматизації електронного проектування (EDA) автоматизують більшу частину процесу. Програмне забезпечення EDA економить дизайнеру незліченну кількість годин, покращуючи швидкість і послідовність, з якою вони можуть будувати схеми, імітувати функціональність і виготовляти нову друковану плату. Однак, коли справа доходить до фактичного розміщення компонентів і маршрутизації, більша частина навантаження все ще лежить на розробниках і їх ручній роботі. Багаторічний досвід розміщення та маршрутизації друкованих плат перевершує більшість передових алгоритмів.

Оптимальна маршрутизація друкованої плати є прикладом давньої проблеми комівояжера NP-Complete. Оскільки це складно вирішити і функціонально неможливо для великих плат, більшість сучасних автоматичних маршрутизаторів значною мірою покладаються на евристичні методи та перевірку правил проектування для з'єднання компонентів друкованої плати. Хоча ці автоматичні маршрутизатори можуть працювати добре в деяких випадках, результати часто розчаровують і потребують налаштування людиною перед завершенням розробки конструкції друкованої плати. В більшості випадків, розробникам топології рекомендується використовувати автомаршрутизатори як спосіб спрощення початкових етапів, а не як повна заміна ручного трасування, натякаючи на їхні слабкі сторони. Останніми роками маршрутизація викликала великий інтерес

завдяки таким компаніям, як InstaDeep, які використовують штучний інтелект для керування алгоритмами маршрутизації. Незважаючи на це, керовані штучним інтелектом алгоритми маршрутизації все ще страждають від складності, добре працюють лише на простих двошарових платах із менш ніж 150 парами з'єднань.

Проблема розміщення друкованої плати полягає в тому, що за наявності списку з'єднань (графіка, що описує необхідні компоненти та з'єднання друкованої плати), необхідно розмістити усі компоненти на двовимірному полотні (платі) таким чином, щоб не було перекриття компонентів і можна було виконати всі з'єднання без перекриття друкованих доріжок.

В роботі, процес розміщення компонентів на друкованій платі був змодельований як проблема підкріплення навчання (RL), де алгоритмічний актор, який називається агентом, навчається виконувати завдання, взаємодіючи з середовищем. У конкретному випадку розміщення друкованої плати агент спостерігає за станом частково розміщеної плати (середовищем), а також за метаданими про наступний компонент для розміщення. Потім агент приймає рішення про розміщення, яке оновлює стан друкованої плати. Якщо розміщення не порушує жодних правил розміщення, агент отримує позитивну винагороду, і процес продовжується з оновленим станом друкованої плати та іншим компонентом, який агент має розмістити. Якщо розміщення було недійсним і розміщений компонент порушує правило дизайну, агент отримує негативну винагороду, і процес перезапущається з порожньою друкованою платою. Оновлюючи свою політику, нейронну мережу, яку агент використовує для відображення станів друкованої плати для можливих наступних розміщень, агент може з часом навчитися максимізувати свою винагороду та, отже, покращити розміщення, які він робить.

Мережа кодувальника, яка використовувалася в цьому дослідженні, була графовою нейронною мережею з двома шарами згортки графіка та останнім максимальним шаром об'єднання для перетворених функцій вузла. Починаючи з необроблених метаданих як характеристик вузла (тобто ширини компонента, висоти, x , y та обертання), мережа кодувальника оновила характеристики вузла на кожному шарі згортки графіка на основі інформації, що міститься в сусідніх компонентах вузла, таким чином вивчаючи невеликі локальні взаємодії. Через кілька рівнів цього процесу було вивчено глобальні моделі. Останній максимальний рівень об'єднання зменшив усі вузли до остаточного кодування графа: функція фіксованого розміру, що представляє всі вузли в графі. Це кодування графа мало стандартну форму і могло використовуватися для представлення широкого діапазону розмірів списку з'єднань і форм зв'язності.

На кожному рівні в мережі графової згортки (GCN) властивість вузла оновлюється, щоб відобразити інформацію, що міститься в його однопрохідних сусідах. На рис.1 простого графа «хаб-і-спиця» інформація передається від спільних вузлів до вузла-концентратора на першому рівні згортки графіка. Об'єднавши всі функції вузла, представлення графа можна звести до одного тензора фіксованого розміру (у цьому випадку розмір 3).

Ключовим атрибутом мережі кодувальника було не лише кодувати список з'єднань у вектор ознак фіксованого розміру, але й робити це таким чином, щоб надавати повну інформацію агенту політика щодо стану розміщення.

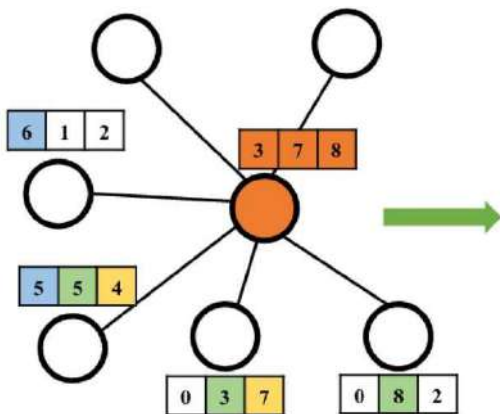


Рисунок 1 - Стандартні компоненти

Мережа політики була 5-рівневою TCNN, яка розширювала (18×1) тензор до $(10 \times 10 \times 2)$ розподілу логітів. Між кожним шаром застосовувалася нелінійна активація ReLU(). Перед входом у Transpose Convolutional Layers тензор стану було збільшено до (32×1) прихованого розміру, що дозволяє плавно змінювати форму між шарами.

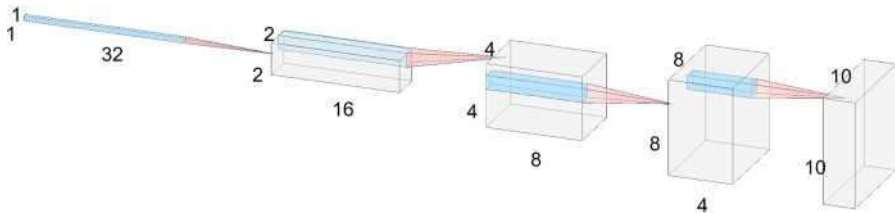


Рисунок 2 - Мережа політики

Політика агента – це мережа глибокої згортки з 5 транспонованих шарів згортки, розділених функціями активації ReLU(). Мережа політики посилює кодування стану (32×1) у тензор логітів розподілу дій ($10 \times 10 \times 2$).

У розташуванні, що наведено на рис.3, згенерованому штучним інтелектом, агент успішно розмістив 8 компонентів, у результаті чого на дошці загалом було 12 компонентів. Тут видно, що агент розміщений з меншою щільністю в нижній лівій частині дошки. Перші кілька розміщених компонентів зазвичай більше, ніж решта, і агент залишає простір для цього.

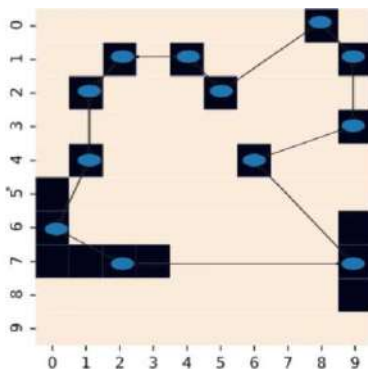


Рисунок 3 - Розташування, створене штучним інтелектом, із 12 компонентами

Хоча модифіковані методи, запропоновані в цьому дослідженні, демонструють успіх у розміщенні невеликих кілець, вони розкривають природні обмеження системи.

По-перше, попереднє навчання мережі кодувальника на наборі даних згенерованих кільцевих розміщень обмежує розміри плат, які ця система може розмістити. У цій роботі кодер був навчений на 10 компонентах, що призвело до втрати продуктивності понад 12 розміщень компонентів. Це пов'язано з тим, що кодер не в змозі витягнути важливу інформацію з місць розташування з більшою кількістю компонентів, ніж було навчено.

По-друге, фізично перевірені розміщення створюють рівень навантаження на процес RL, який можна краще вирішити за допомогою налаштування та сукупності алгоритмів розміщення. Ця напруга спричинена величезною кількістю варіантів розміщення, які може мати кожен компонент. Наприклад, кожен розміщений компонент на реальній друкованій платі визначається його розташуванням, обертанням, дзеркалом, масштабом, шаром, формою та іншими атрибутами, що залежать від варіанту використання. Кожен атрибут розміщення додає величезної складності до

простору дії, і всі вони повинні враховуватися, якщо розміщення залишатимуться фізично дійсними на всіх етапах процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. John Schulman, Filip Wolski, Prafulla Dhariwal, Alec Radford, and Oleg Klimov. Proximal policy optimization algorithms. CoRR, abs/1707.06347, 2017

З СЕКЦІЯ «НАНОЕЛЕКТРОНІКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 621.373.826

Herasymov Serhii¹, Hnatenko Oleksandr²

¹ PhD student, NURE

² candidate of physical and mathematical sciences, associate professor (PhD), Head of the Department of Physical Fundamentals of Electronic Engineering, NURE

ELECTROMAGNETIC ANALYSIS OF THRESHOLD CONDITIONS OF GOLD FILM WITH DBR MICROLASER CONFIGURATION

A laser typically comprises an open resonator, or cavity, and an active region containing a gain material. In solid-state and fiber lasers, the gain material is usually glass, transparent ceramics, or crystal doped with rare earth elements [1]. Lately, the selection of the active medium host material and its proportion into the cavity have been investigated in [2]. This work consider a reduced to a 1-D configuration of microlaser made of active cavity with gold film superstrate and distributed Bragg Reflector substrate as depicted in Fig.1.

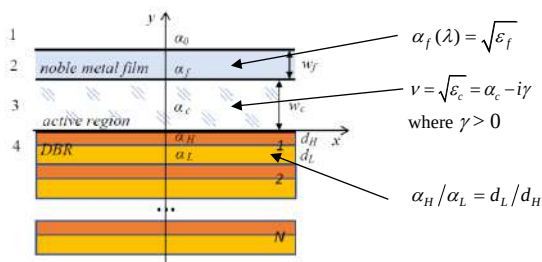


Figure 1 – Considered 1-D microlaser configuration geometry

We simplify the laser emission consideration by neglecting all non-electromagnetic effects. The source-free linear set of Maxwell equations with corresponding boundary and radiation conditions can then be used for further electromagnetic field analysis. Such approach is called the Lasing Eigenvalue Problem (LEP) and can be found in more details in [2, 3]. The active region cavity is assumed uniformly active, so that $\text{Re } \nu = \alpha > 0$ is the known refractive index of the chosen gain material, e.g. for Nd:YAG has $\alpha_c = 1.81$, and $\gamma = -\text{Im } \nu > 0$, is unknown gain index threshold value. Then, in LEP, we are looking for a scalar function E_z field component with the eigenvalues as real number pairs (λ_m, γ_m) ,

the first is a mode emission wavelength and the second is correlated threshold values of the gain index. Here, all the geometrical parameters and refractive indices, including α_c , are assumed known values.

To derive the characteristic equation for the modes in the presented structure with DBR substrate, we can apply the transmission matrix method (TMM). On the substitution of the field expressions into the specific boundary conditions, using TMM and certain algebra, the considered LEP can be reduced to the following transcendental equation:

$$\Phi(k, \gamma) = e^{-i2k(\alpha_c - i\gamma)w_c} - \frac{R_{DBR} \left(e^{i2k\alpha_f w_f} R_{12} - R_{32} \right)}{e^{i2k\alpha_f w_f} R_{12} R_{32} - 1} = 0, \quad (1)$$

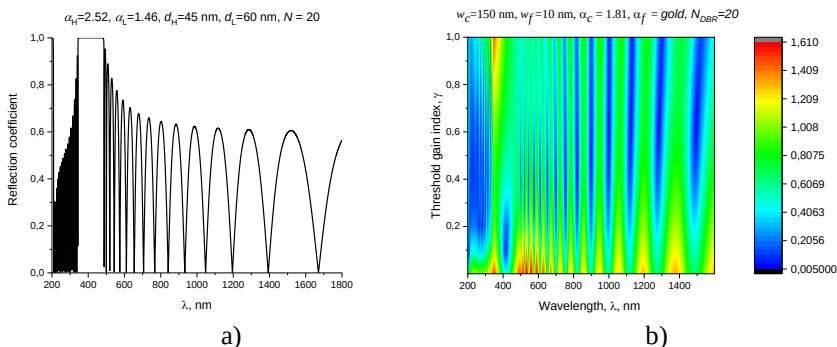
where $R_{jp} = (\alpha_j - \alpha_p)(\alpha_j + \alpha_p)^{-1}$, $j \neq p$, are the reflection coefficients from the interfaces between the domains, and R_{DBR} is the reflection coefficient of DBR (Fig.2a).

We look for the LEP eigenvalues which are the roots of (1). For this we find the initial-guess values from the analysis of the absolute value of the left-hand part of (1), $|\Phi(k, \gamma)|$, as a function of its arguments.

The plot in Fig. 2a shows the reflection coefficient in the visible and near infra-red ranges for the DBR with 20 pairs of dielectric layers with $\alpha_L = 1.46$ and $\alpha_H = 2.52$ and layers thickness in the corresponding material, so that. $w_L = 60$ nm and $w_H = 45$ nm. As one can see, there is a band gap with a centerline around 420 nm, where the DBR-caused modes cannot exist.

The result presented in Fig. 2b highlights the influence of the gold film thickness and DBR parameters on the characteristics of the lasing modes. Specifically, the position of the DBR's reflection band dictates the cavity's lowest-threshold mode (can be seen as blue spots). Furthermore, it should be noted that the threshold can be gradually reduced by increasing the thickness of the gold film. Additionally, the DBR initiates multiple high-threshold so-called “parasitic” modes, which arise from the DBR layers acting as additional cavities. These higher-order modes, with wavelength in the violet and ultraviolet ranges where gold bulk losses are significant, exhibit a more complex interplay between radiation and ohmic losses.

All in all, the parametric analysis of the LEP eigenvalues was presented, where we have found if the working mode lies in the band gap of DBR, its gain index threshold decreases significantly. We have also demonstrated that the impact of the DBR extends beyond the formation of band gaps, contributing to the presence of numerous “parasitic” modes likely associated with the DBR layers acting as “parasitic cavities.” The number of these modes is directly proportional to the number of high- and low-refractive-index layer pairs in the DBR.



a – Reflective coefficient of the DBR; b – Colormap of the absolute value of (1).
Figure 2 – Influence of the gold film and DBR substrate of 20 pairs of alternating TiO_2 and SiO_2 layers on the microlaser cavity modes

REFERENCES

1. Benavides, O., Cruz May, L., Flores Gil, A., Mejia Beltran, E.: Wavelength effects on the reflectivity of niobium by solid-state laser pulses. *Photonics* 10, 402 (2023)
2. Herasymov, S.S., Hnatenko, O.S., et al.: Threshold conditions for 1-D Model of laser with partial active region. *J. Nano- Electron. Phys.*, 16(4), 04033 (2024)
3. Byelobrov, V. O., Nosich, A. I.: Mathematical analysis of the lasing eigenvalue problem for the optical modes in a layered dielectric microcavity with a quantum well and distributed Bragg reflectors. *Opt. Quant. Electron.*, 39(10-11), 927-937 (2007)

УДК 004.94

Vasylenko Olga¹, Snizhnoi Gennadii²

¹ assistant professor NU «Zaporizhzhya Polytechnic»

² professor NU «Zaporizhzhya Polytechnic»

DIGITAL DOUBLES AS A FACTOR OF INCREASING PRODUCT QUALITY AND PRODUCTION EFFICIENCY

A digital double is a virtual copy of machines or a factory, which is created using three-dimensional modeling, physical rules and mathematical equations [1]. In real time, sensor data from a real machine is transmitted to a digital double, constantly increasing the accuracy of the simulation [2]. Using big data analysis,

the digital double can recognize anomalous sensor data and generate warnings of possible failure.

The digital double also has a number of disadvantages: its creation requires considerable time and resources, the participation of enterprise managers, technological engineers and modeling experts in electrical, mechanical and other domains, for the deployment of the digital double all physical drawings must be available so that it is possible create virtual models. Unfortunately, factory blueprints are not always up to date, making it difficult to deploy a digital double and keep it up to date.

In addition, the implementation of a digital double requires very high data transfer and processing speeds, which in turn requires state-of-the-art hardware and software. A digital double should be deployed where digital platforms are unified (as an example, Siemens Digital Enterprise), or there are simple means of transferring and converting data from engineering systems to production and business process management systems, and vice versa.

Today's Digital Twins use neural networks, machine learning, and artificial intelligence to process production data captured by sensors to gain insight into the process without direct testing on the production floor. There is a connection between artificial intelligence and digital doppelgangers, as the latter's vast amounts of data can train AI models to make accurate predictions.

The implementation of Digital Twins and AI in production allows:

- facilitate the collection of production data thanks to IoT sensors (Smart sensors);
- smprove human-computer interaction by using augmented reality, virtual assistants, chat bots, etc;
- get new knowledge, models.

One of the main advantages of using digital twins and artificial intelligence in manufacturing is increased uptime, as future failures can be better predicted and equipment can be kept up and running, and planning and design costs can be reduced. In addition, a digital twin using artificial intelligence can predict when certain equipment will fail, allowing for predictive maintenance planning that, in addition to reducing downtime, can significantly reduce maintenance costs. The integration of digital doubles and AI gives a synergistic effect.

General Electric used AI-enabled Digital Twin technology across sectors to save \$1.5 billion worldwide. A heavy industry plant found a problem with a two-spindle CNC lathe, saving nearly hundred thousands of dollars. Chevron is also using this technology in its plants to reduce supply chain issues and monitor equipment in real time. Large firms such as IBM, Siemens and Microsoft are also developing Digital Twins solutions.

Alternatives to digital doubles can be modern SCADA, enhanced with AI decision-making capabilities, and machine learning (ML) with empirical modeling.

The main problematic links that determine further trends in the development of predicative analytics in Ukraine are the need to process large volumes of unstructured data in real time, for which it is necessary to use the aforementioned Big Data and Artificial Intelligence technologies. The rapid evolution of artificial intelligence provides potential for the development of digital manufacturing. Artificial intelligence replacing labor with faster and more accurate intelligent automation will undoubtedly bring new growth to this industry.

Currently, the world is actively developing models and standards for managing automated production according to the I4.0 concept, but there is a need to take into account the trends of I5.0, the directions of technology development (evaluate the advantages of machine learning compared to Digital Doppelgangers) and digital platforms (expansion of functionality, mergers and acquisitions), for the implementation of the most relevant and harmonious management models and approaches during digital transformation.

REFERENCES

1. Василенко О.В. Менеджмент цифрового виробництва: монографія / О.В. Василенко, Г.В. Сніжної, Ю.С. Ямненко – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2022. – 120 с. ISBN 978-617-529-374-4.

2. Vasylenko O. Design of information and measurement systems within the Industry 4.0 paradigm / O. Vasylenko, S. Ivchenko, H. Snizhnoi // Radioelectronic and Computer Systems. – 2023. – N. 1. – P. 45–54. DOI: 10.32620/reks.2023.1.04

УДК 621.38.049.77, 778.38; 621.373.826.038.823

Гнатенко О.С.¹, Моргун І.В.², Левченко О.О.³

¹ зав.каф.ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

² зав.лаб. каф. ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

³ асист. каф.ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

НОВІ ПОКОЛІННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ ГІРОСКОПІВ: ВІД ФОТОННИХ КРИСТАЛІЧНИХ ВОЛОКОН ДО КВАНТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Робота представляє дослідження щодо роботи оптичного гіроскопа на основі волоконно-оптичних технологій. Основними компонентами цього гіроскопа є суперлюмінесцентний лазерний діод (довжина хвилі 1550 нм), циркулятор, розподільник, фазовий модулятор та 500-метрова котушка оптоволоконна (тип волокна: Panda). Математично, фазова зміна, яка виникає при проходженні світла через волокно, можна описати рівнянням:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} n_{\text{eff}} \Delta\theta, \quad (1)$$

де $\Delta\phi$ – зміна фази, L – довжина волокна, λ – довжина хвилі, n_{eff} – ефективний показник заломлення волокна, а $\Delta\theta$ – кутова зміна, що відображає зміну орієнтації гіроскопа.

Рисунок 1 ілюструє роботу цього гіроскопа [1], який відповідає середнім показникам точності існуючих аналогів.

Однак наразі активно розробляються та впроваджуються фотонні кристалічні волокна (PCF) та волокна, що підтримують поляризацію (PANDA), які мають ряд привабливих властивостей для використання в оптоволоконних гіроскопах: повністю інтегровану конструкцію, довжину волокна близько одного метра, відсутність необхідності намотувати волокно на котушку та компактність пристрою.

Фотонні кристалічні волокна (PCF) мають складну структуру, яка впливає на їхні електромагнітні властивості як фотонних кристалів (PC). Для опису фотонної забороненої області (bandgap) у PCF використовується модель, що включає хвильові рівняння для електромагнітних хвиль:

$$(\nabla^2 + \frac{\varepsilon(r)}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2})E(r, t) = 0, \quad (2)$$

де $E(r, t)$ – електричне поле, $\varepsilon(r)$ – діелектрична проникність, c – швидкість світла у вакуумі, ∇^2 – оператор Лапласа.

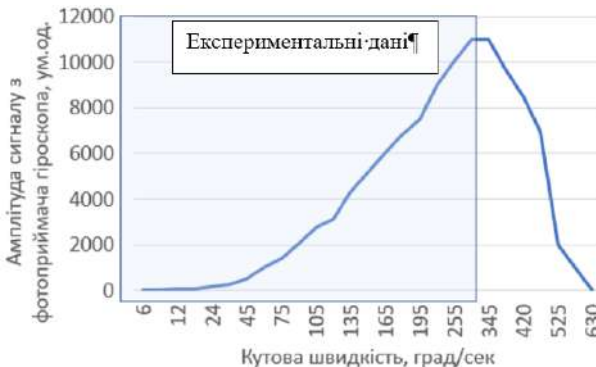


Рисунок 1

Залежно від ширини фотонної забороненої області, PCF можна класифікувати як провідники, ізолятори, напівпровідники або суперпровідники для електромагнітних хвиль. Для провідників маємо широкі дозволені діапазони для поширення світла з мінімальним поглинанням. Ізолятори мають широкі заборонені діапазони, що забезпечують ефективне відбиття світла, що можна описати рівнянням для коефіцієнта відбиття R:

$$R = \left| \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right|^2, \quad (3)$$

де n_1 та n_2 – показники заломлення двох середовищ.

Напівпровідники, з іншого боку, мають можливість вибірково відбивати фотони певних довжин хвиль, що дає можливість контролювати спектральну характеристику волокна. Формула для пропускну здатності $\alpha(\lambda)$ напівпровідникового волокна з урахуванням дисперсії може бути записана як:

$$\alpha(\lambda) = \frac{A}{\lambda^2 + B}, \quad (4)$$

де A та B – коефіцієнти, що визначають характеристики дисперсії матеріалу.

Порожнистий сердечник фотонних кристалічних волокон та волокон типу PANDA мають переваги перед стандартними оптоволоконками, оскільки вони здатні працювати в одномодовому режимі на широкому діапазоні довжин хвиль. Відповідно, модова структура таких волокон описується рівнянням для розподілу мод:

$$\Delta\beta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_{\text{core}} - n_{\text{clad}}), \quad (5)$$

де $\Delta\beta$ – різниця між коефіцієнтами хвильового числа для ядра та оболонки, n_{core} – показник заломлення ядра, n_{clad} – показник заломлення оболонки.

Ці волокна мають такі переваги, як здатність витримувати інтенсивне випромінювання, більшу площу моду, низьку оптичну нелінійність, точний контроль дисперсії, а також аномальну дисперсію хвилеводу з високою крутістю через розсіювання Релея. Таку аномальну дисперсію можна описати рівнянням для групової швидкості:

$$v_g = d\omega/d\beta, \quad (6)$$

де β – коефіцієнт хвильового числа, ω – частота, v_g – групова швидкість.

Крім того, використання фотонних кристалічних волокон дає можливість реалізувати оптоволоконний гіроскоп на основі генерації суперконтинууму [2]. Математичне описання цього процесу можна здійснити за допомогою рівняння для інтенсивності суперконтинууму $I(\omega)$:

$$I(\omega) = I_0 \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (7)$$

де I_0 – початкова інтенсивність, ω_0 – центральна частота, σ – ширина спектра.

Ці дослідження проводяться командою, представленою в цій роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hnatenko, O.S., Machekhin, Y.P., Bilichenko, V., Zarytskyi, V.I., Yaroslavskyy, Y., Klimek, J., Mussabekov, K., Yeraliyeva, B., Ormanbekova, A. FIBER-OPTIC SYSTEM FOR CONTROL OF THE ORIENTATION OF OBJECTS IN SPACE (2023) Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 12985, art. no.1298508. DOI: 10.1117/12.3023026.
2. Kurskoy, Y.S., Hnatenko, O.S., Afanasieva, O.V. Application of Supercontinuum in Optical Gyroscopy (2023) Journal of Nano- and Electronic Physics, 15 (6), art. no. 06023. DOI: 10.21272/jnep.15(6).06023.4.

УДК 621.373.826

Гнатенко О.С.¹, Чаплигін В.С.².

¹ зав.каф.ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

² асп. каф. ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

ЛАЗЕРИ З КІЛЬЦЕВИМИ ОПТОВОЛОКОННИМИ РЕЗОНАТОРАМИ З МОДУЛЯЦІЙНИМ ЗАМИКАННЯМ

У телекомунікаціях зростає інтерес до розробки стабільних і надійних джерел випромінювання для третього вікна прозорості оптоволоконної передачі (близько 1550 нм), зокрема до лазерів на кільцевих резонаторах з пасивним модуляційним замиканням. Це вікно є критичним для систем щільного поділу довжин хвиль (DWDM), що працюють на основі частотної сітки Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU). Оптичні волокна з додаванням ербію (EDFAs), що працюють на довжині хвилі 1550 нм, відіграють важливу роль у розвитку систем оптоволоконного зв'язку, оскільки забезпечують необхідне посилення для довгохвильових передач з мінімальними втратами.

Ці оптоволоконні лазери мають потенціал замінити багато існуючих напівпровідникових лазерів для передачі даних, що використовуються в

системах DWDM, завдяки своїй вищій стабільності, більшій потужності та ефективності. Однак, незважаючи на швидкий розвиток технології лазерів на кільцевих резонаторах, все ще існує потреба в компактних, надійних та економічно ефективних рішеннях, які могли б конкурувати з різноманітними доступними лазерними діодами.

Останні досягнення в технології лазерів на кільцевих оптоволоконних продемонстрували значне покращення їх характеристик, проте вони все ще стикаються з низкою проблем, таких як складність конструкції, висока вартість напівпровідникових насичувальних поглиначів (SSA) та відносно велика тривалість імпульсу (приблизно 200 фемтосекунд (фс)). Зокрема, тривалість імпульсу лазера є критично важливою для застосувань, що вимагають високої частотної стабільності та синхронізації.

Деякі лазери на кільцевих резонаторах, які використовують нелінійне обертання поляризації (NPR) для модуляційного замикання, є більш доступними та досягають коротших тривалостей імпульсу — близько 30 фс. Однак ці лазери все ще стикаються з проблемами, пов'язаними зі стабільністю та послідовністю модуляційного замикання з часом. Стабільність модуляційного замикання є важливою для підтримки постійної тривалості імпульсу та забезпечення того, щоб лазер продовжував працювати в замкнутому режимі протягом тривалого часу.

Для вирішення цих проблем ми пропонуємо схему лазера на кільцевому резонаторі, яка використовує поляризатори на рідких кристалах (РК) для модуляційного замикання, рис.1. Використання поляризаторів на рідких кристалах забезпечує подолання обмежень існуючих технологій. Пристрої на рідких кристалах дають можливість електронного керування поляризацією гнучким і точним способом.

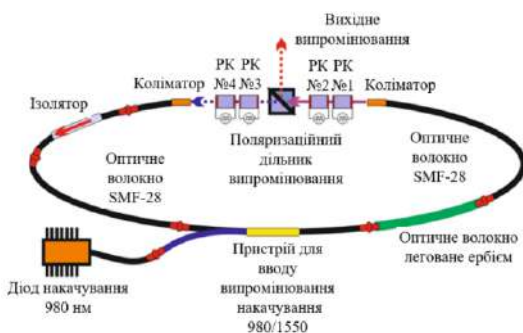


Рисунок 1

NPR ґрунтується на взаємодії між поляризацією електромагнітних хвиль і інтенсивністю випромінювання, де поляризаційний дільник

випромінювання (PBS) виступає як насичувальний поглинач, що стимулює генерацію лазерних імпульсів. Математично процес модуляційного замикання в NPR можна описати такою нелінійною взаємодією:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{\alpha}{2}(E - \beta P), \quad (1)$$

де E — це електричне поле електромагнітної хвилі, α — коефіцієнт втрат, а β — нелінійний коефіцієнт, що керує взаємодією між поляризацією та інтенсивністю випромінювання. P позначає потужність, а термін βP відображає інтенсивність залежну від обертання поляризації. Цей механізм є ключовим для досягнення пасивного модуляційного замикання.

Для ефективного модуляційного замикання необхідно контролювати поляризацію в нелінійному середовищі. Це можна досягти за допомогою поляризаторів або хвильових пластин, які обертаються для підтримки необхідного стану поляризації. Процес модуляційного замикання можна змоделювати як динамічну систему, в якій обертання поляризації періодично налаштовується для підтримки постійної тривалості імпульсу:

$$\theta = a \tan \left(\frac{E_x}{E_y} \right), \quad (2)$$

де θ — це кут поляризації, а E_x і E_y — компоненти електричного поля по відповідних осях. Точне обертання поляризації є критичним для стабільного модуляційного замикання і підтримки генерації лазерних імпульсів.

Альтернативні рішення та пропозиції. Хоча були запропоновані моторизовані обертачі поляризації як рішення для точного контролю над поляризаційним станом, механічні методи, такі як згинання волокна і п'єзоелектричні актуатори, також використовуються для контролю поляризації. Однак ці методи часто потребують тривалого налаштування та можуть призводити до зсуву характеристик роботи, що впливає на загальну стабільність і ефективність лазерної системи.

Ми пропонуємо використання поляризаторів на рідких кристалах (РК поляризатори) для більш ефективного та точного контролю над режимом NPR модуляційного замикання [1-2]. Електронне керування, яке забезпечують РК поляризатори, дозволяє швидко, точно і надійно налаштовувати поляризаційний стан. Цей механізм керування можна математично представити такою рівнянням:

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{V}{V_0}\right), \quad (3)$$

де P_0 — це початкова поляризація, V — прикладена напруга, а V_0 — порогова напруга для повної поляризації. РК поляризатори відомі своєю низьковольтною керуючою здатністю, швидким часом відгуку і довготривалою стабільною роботою, що може значно покращити загальні характеристики та надійність лазерів на кільцевих оптоволоконних резонаторах.

Інтеграція РК поляризаторів, при цьому вони можуть бути леговані наночастинками, в лазери на кільцевих оптоволоконних резонаторах відкриває перспективний шлях до створення стабільних, компактних та економічно ефективних лазерів з модуляційним замиканням для телекомунікаційних систем. Можливість електронного керування поляризаційними станами в реальному часі забезпечує кращу стабільність і коротші тривалості імпульсів, що дозволяє задовольнити вимоги сучасних DWDM систем. Запропоноване в роботі рішення дає можливість покращити характеристики оптоволоконних лазерів та стати альтернативою більш складним і дорогим технологіям, які використовуються на сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. S.Gnatenko, Yu. P. Machekhin, Yu. S. Kurskoy, V. P. Obozna Providing mode locking in fiber ring lasers . J. Nano- Electron. Phys. 10 No 2, 02033 (2018). DOI: 10.21272/jnep.10(2).02033.
2. A. S. Gnatenko, Yu. P. Machekhin, Yu. S. Kurskoy, V. P. Obozna, A. V. Vasianovych . Ring fiber lasers for telecommunication systems. Telecommunications and Radio Engineering. - Vol.77, No6. - P. 541-548. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i6.60

УДК 530.182:53.087.45

Курський Ю.С.¹, Гнатенко О.С.², Гнібеда А.О.³

¹ проф. каф.ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

² зав.каф.ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

³асп. каф. ФОЕТ Харківського національного університету радіоелектроніки

ІНТЕРВАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ХАОТИЧНИХ РЕЖИМІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ЗОНДУВАННЯ ПРОСТРУ

У галузі детектування об'єктів у просторі важливим завданням є дослідження параметрів як відбитого, так і зондувального лазерного випромінювання. Це завдання є критичним для розвитку та вдосконалення технологій, які використовуються для виявлення та аналізу оптичних

пристроїв. Лазерні оптоелектронні системи застосовуються для сканування навколишнього середовища з метою ідентифікації відбивних поверхонь.

В роботі пропонується нова модель для вивчення параметрів і динаміки лазерного випромінювання, яке розглядається як нелінійна динамічна система. Модель дозволяє здійснювати вимірювання фізичних величин за допомогою нелінійних метрологічних методів, таких як аналіз фрактальної вимірності та інші топологічні інструменти. Модель ґрунтується на припущенні, що виміряні величини можуть бути представлені інтервальними значеннями, що дозволяє здійснити перехід від стаціонарної до випадкової динаміки.

Модель включає експериментальну схему, яка окреслює різні етапи та процедури для оцінки результатів вимірювань. Ключовою особливістю цієї моделі є її системний підхід, що дозволяє ефективно досліджувати як стаціонарні, так і хаотичні режими динаміки лазерного випромінювання. Цей підхід дозволяє вимірювати інтервали параметрів у різних режимах, оцінювати їх стабільність і передбачати часові ряди на основі отриманих даних.

Класифікація динаміки системи виконується за допомогою методів фрактальної вимірності, що дозволяє здійснювати детальний аналіз поведінки лазерного випромінювання. Модель може бути застосована як для забезпечення стабільності параметрів лазерного випромінювання, так і для керування випадковим випромінюванням. Дослідження фокусується на імпульсному лазері, основними параметрами випромінювання якого є енергія імпульсу, тривалість імпульсу, частота повторення імпульсів, стабільність значень та спектральні характеристики.

Експериментальна установка, показана на рис. 1 [1-2], включає систему введення випромінювання, лазер, розгалужувачі променя, вимірювач енергії імпульсу, спектроаналізатор, блок вимірювання тривалості імпульсу, блок вимірювання частоти повторення імпульсів, а також систему керування, синхронізації та реєстрації даних. Ця установка надає комплексний підхід до вивчення параметрів лазерного випромінювання та дозволяє здійснювати детальний аналіз його характеристик за різних експериментальних умов.

Математичне описання динаміки лазерного випромінювання. У рамках цієї моделі нелінійна динаміка лазерного випромінювання описується за допомогою рівнянь, що враховують зміну параметрів лазерного випромінювання в часі. Математичне моделювання може бути виражене через рівняння:

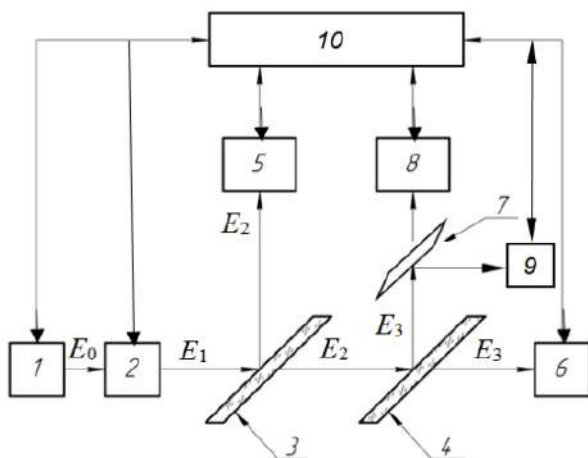
$$\frac{dE(t)}{dt} = -\gamma E(t) + \sigma f(E(t)), \quad (1)$$

де $E(t)$ — це електричне поле лазерного випромінювання в момент часу t , γ — коефіцієнт втрат, σ — коефіцієнт нелінійності, а $f(E(t))$ — нелінійна функція, що описує взаємодію між параметрами поля і змінами його інтенсивності.

Для більш детального опису випадкової динаміки, можна використовувати стохастичні рівняння, що включають випадкові коливання:

$$\frac{dE(t)}{dt} = -\gamma E(t) + \sigma f(E(t)) + \eta(t), \quad (2)$$

де $\eta(t)$ — це випадкова сила, яка описує шум чи випадкові флуктуації в системі, що виникають через різноманітні фізичні фактори, наприклад, через термічний шум чи інші випадкові процеси.



1 — система введення випромінювання; 2 — лазер; 3, 4, 7 — світлоподілюючі пластини; 5 — вимірювач енергії імпульсу; 6 — спектроаналізатор; 8 — блок вимірювання тривалості імпульсу; 9 — блок вимірювання частоти повторення імпульсів; 10 — система керування, синхронізації та реєстрації результатів вимірювань

Рисунок 1

Класифікація динаміки за допомогою фрактальної вимірності. Для класифікації динаміки лазерного випромінювання та вивчення її поведінки використовуються методи фрактальної вимірності, які дозволяють оцінити складність і самоподібність входних сигналів. Фрактальна вимірність D може бути оцінена за допомогою методу коробок (box-counting method):

$$N(\epsilon) \sim \epsilon^{-D}, \quad (3)$$

де $N(\epsilon)$ — кількість коробок розміру ϵ , необхідних для покриття фрактальної кривої, а D — фрактальна вимірність, що характеризує ступінь складності структури динаміки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kurskoy, Y.S., Hnatenko, O.S., Afanasieva, O.V. Precision Synchronization of Chaotic Optical Systems (2021) Journal of Nano- and Electronic Physics, 13 (4), pp. 1-5. DOI: 10.21272/jnep.13(4).04036
2. MacHekhin, Yu. P., Kurskoi, Yu. S. and Gnatenko, A. S., Physical and mathematical foundations of measurements in nonlinear dynamic systems. Telecommunications and Radio Engineering 77(18), 1631-1637 (2018).

УДК 621.385.69

Коломоєць К.Д. ¹, Погосов В.В. ², Коротун А.В. ^{2,3}

¹ студ. гр. БК-314м НУ «Запорізька політехніка»

² проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ с.н.с. ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України

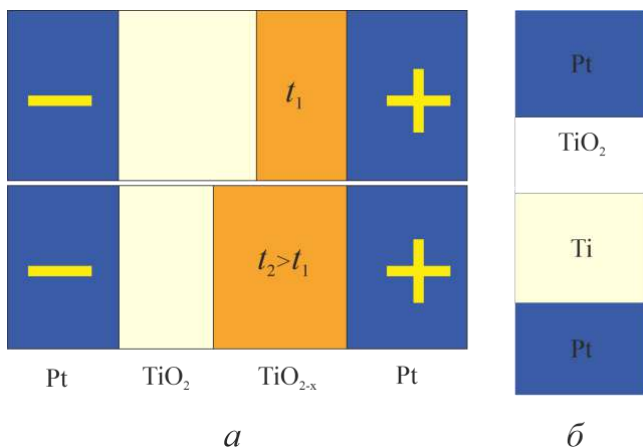
ВПЛИВ ОКСИДУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕМРИСТОРІВ

Принципова відмінність мемристора від більшості типів сучасної напівпровідникової пам'яті та його головна перевага перед ними полягають в тому, що він не зберігає свої властивості за рахунок збереження заряду [1]. Це означає, що йому не страшні витoki заряду, з якими доводиться боротися при переході на мікросхеми нанометрових масштабів, і що він повністю енергонезалежний. Простіше кажучи, дані можуть зберігатися в мемристорі до тих пір, поки існують матеріали, з яких він виготовлений. Для порівняння: флеш-пам'ять починає втрачати записану інформацію вже після року зберігання без доступу до електричного струму. Таким чином, на відміну від інших пасивних компонентів мемристор володіє пам'яттю, що відкриває широкі перспективи його використання в електроніці. Мемристори відкривають перспективи створення комірок пам'яті на основі електричного гістерезису [2,3].

Роль оксидів у мемристорних структурах полягає у їх здатності до зміни своєї кристалічної структури та провідності під дією електричного поля. Наприклад, багато мемристорів засновані на оксидах перехідних металів, таких як оксид титану (TiO_2) або титанат стронцію (SrTiO_3), які змінюють свій опір при прикладанні напруги. Такий процес зміни опору в мемристорі називають перемиканням станів. Він зумовлений зміною кристалічної

структури оксиду, що призводить до зміни провідності, а отже і зміни опору пристрою.

Згідно гіпотези про наявність киснево-вакансійних ниток між двома ідентичними масивними металевими електродами (Pt), електрон із лівого електрода переходить ефективно на правий (на якому позитивний потенціал) лише за допомогою складної польової емісії у «порожні» («наповнені» вакуумом) киснево-вакансійні нитки, а потім рухаючись цим каналом переходить у інший електрод. Канал цей, принаймні, неоднорідний: у лівого електрода його переріз менший, ніж поблизу правого електрода, внаслідок того, що концентрація вакансій кисню праворуч більша, ніж ліворуч. Це демонструє (рис. 1), на якому в різні моменти часу t умовно показано зростання межі області, збагаченої вакансіями.



a – структура під прямою напругою U у часі; $б$ – метод отримання сандвіча.

Рисунок 1 – До пояснення гіпотези про наявність киснево-вакансійних каналів.

Куди піде кисень при переміщенні межі, якщо загальна формула складу TiO_2 залишається незмінною? Це питання у літературі, наскільки нам відомо, не обговорювалося.

Якщо розбити об'єм плівки на комірки за кількістю молекул TiO_2 подібно до вузлів у кристалічній ґратці (рис. 2), то при переміщенні межі, на перший погляд, має відбуватися часткове виснаження кисню у плівці. Як це може бути?

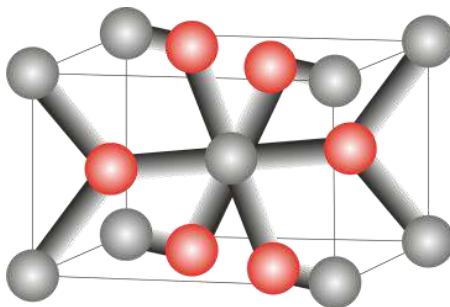


Рисунок 2 – Діоксид титану у рутильній формі (сірим кольором позначені атоми титану, червоним – кисню)

Швидше за все, кількість кисню в плівці не змінюється, а він просто переходить з комірки (вузла) TiO_2 у міжвузловинний простір. Виникає точковий дефект – міжвузловинний атом кисню O , який дифундує у плівці, не зв'язуючись з атомами титану. Порожнє місце, що залишилося в комірці – також точковий дефект – киснева вакансія, нитки яких і утворюють канали провідності польової емісії.

Автоелектронна емісія (польова емісія, тунельна емісія) – це випромінювання електронів твердими і рідкими тілами-провідниками під дією зовнішнього електричного поля без попереднього збудження цих електронів, тобто без додаткових витрат енергії, що характерне для інших видів електронної емісії.

Тому електрони, потрапляючи на правий електрод, мають надлишкову кінетичну енергію, яка приблизно дорівнює eU (e – елементарний позитивний заряд), порівняно з власними електронами електрода. Це призводить до того, що правий електрод розігрівається, розігріваючи у свою чергу і саму оксидну плівку. Її нагрівання може стимулювати утворення вакансійних ниток та дифузію кисню. Але навіть такі уявлення ідеальної структури (рис. 1) при детальному розгляді призводять до того, що вакансійні нитки не є прямими, а, принаймні, ламаними. Внаслідок цього розсіювання електрона та нагрівання відбуватиметься вже в самій оксидній плівці.

Таку картину можна ще уточнити, спрощено представляючи спосіб виготовлення сандвіча мемристора (рис. 3). На товсту пластину Pt напилюється у вакуумі нанометрова плівка Ti , потім у камеру запускається атомарний кисень, який окислює Ti неоднорідно по глибині, так що правий електрод Pt контактує з чистим Ti , який при переміщенні межі x до вільної поверхні насичується киснем. Потім у камері створюється знову вакуум, а вже на окислений край плівки Ti напилюється інша товста плівка Pt .

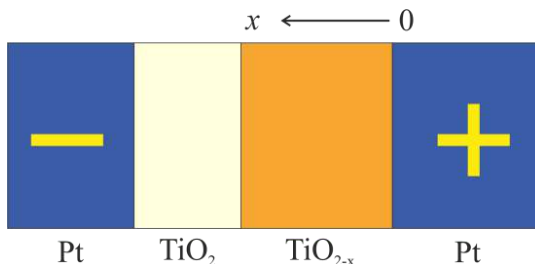


Рисунок 3 – Схема відліку x від 0 до 3 нм.

Яка довжина вакансійних ниток? Зробимо оцінку.

Діаметр лінійної молекули TiO_2 приблизно 6 борівських радіусів ($1 \text{ нм} = 18,3$ борівських радіусів), тому на 10 нм між електродами міститься приблизно 30 комірок (молекул) TiO_2 і довжина киснево-вакансійної нитки приблизно дорівнює 30-40 діаметрів атомів кисню.

Кожен із оксидів, що використовуються у мемристорах, має унікальні характеристики, які роблять його придатним для конкретних застосувань (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристики оксидів для виготовлення мемристорів

Оксид	Характеристики
TiO_2	Висока швидкість та циклічність, ідеальний для енергоефективних систем зберігання даних
HfO_2	Висока стабільність та надійність, підходить для серверних систем та хмарних сховищ
SiO_2	Висока швидкість та стійкість, використовується у споживчій електроніці
ZnO	Стабільність при високих частотах, ефективна у мобільних пристроях
Nb_2O_5	Висока щільність перемикачів та стійкість, застосовується у високопродуктивних системах II

Вибір оксиду для мемристора залежить від конкретних вимог та умов експлуатації пристрою, що дозволяє оптимізувати його продуктивність, енергоефективність та довговічність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chua L.O. Memristor – the missing circuit element // IEEE Transaction son circuit theory. – 1971. – Vol. 18. – No 5. – P. 507-519.

2. Rudenko M., Belogolovsky M.A., Korotash I.V., Polotsky D.Yu., Krakovny A.A., Zhitlukhina E. S. Memristor effects in solid-state heterostructures // *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* – 2016. – V. 38. – № 8 – P. 995-1008.

3. Emmerich T., Teng Y., Ronceray N., Lopriore E., Di Ventra M. Nanofluidic logic with mechano-ionic memristive switches // *Nature Electronics.* – 2024. V. 7. – P. 271–278.

УДК 535.8; 543.4

Колузанов О.М.¹, Осередчук Т.М.¹, Курський Ю.С.²

¹ асп. Харківського національного університету радіоелектроніки

² проф. Харківського національного університету радіоелектроніки

ТЕХНОЛОГІЯ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Гіперспектральна візуалізація (ГСВ) — це метод спектрального зондування, який фіксує сотні суміжних вузькосмугових зображень у видимій та інфрачервоній областях електромагнітного спектра. Існуючі системи ГСВ мають недоліки, такі як низька швидкість, висока вартість і складна структура [1]. Одним з методів збільшення швидкості є зменшення частоти дискретизації або збільшення числа каналів дискретизації. Однак великий обсяг даних все одно перешкоджає подальшому підвищенню швидкості. Ця проблема може бути вирішена за допомогою однопиксельних методів візуалізації [2]. Висока спектральна роздільна здатність була досягнута завдяки високій продуктивності волоконного спектрометра з одним детектором, але проблеми з уловлюванням світла, скануванням часу та іншими технічними обмеженнями все ще існують.

Як альтернативний метод спектральної візуалізації, технологія спектральної візуалізації з перетворенням Фур'є (FTSI) має такі переваги, як висока чутливість виявлення та пропускна здатність світла. Сучасні методи FTSI використовують один детектор для сканування однієї плями або отримання зображень по одному через масив детекторів [3].

Запропонована установка показана на рисунку 1, що складається з цифрового мікродзеркального пристрою, колімаційної лінзи, інтерференційного модуля Майкельсона та фотопомножувальної трубки. Спектри були отримані шляхом обчислення оберненого перетворення Фур'є зібраних даних (рис. 2).

Таким чином, FTSI має більш високу чутливість і кращу пропускну здатність світла, ніж традиційні методи, що призводить до поліпшення якості сигналу, особливо в умовах слабкого освітлення, при досягненні високої спектральної роздільної здатності.

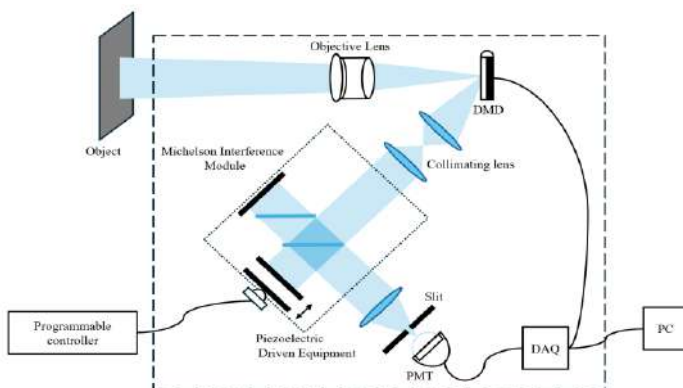


Рисунок 1 – Запропонована схема гіперспектральної системи візуалізації з перетвореннями Фур'є.

$$x = \int x(\sigma) d\sigma; \quad \min_x \sum_i \|D_i x_\sigma\|_1 + \frac{\mu}{2} \|y(\sigma) - Ax_\sigma\|_2^2;$$

$$y = \Phi x = \int \Phi x(\sigma) d\sigma; \quad x'_\sigma = \arg \min_x \|x_\sigma\|_{TV}, \quad \|\Phi x_\sigma - y(\sigma)\|_2 \leq \beta_{TV}.$$

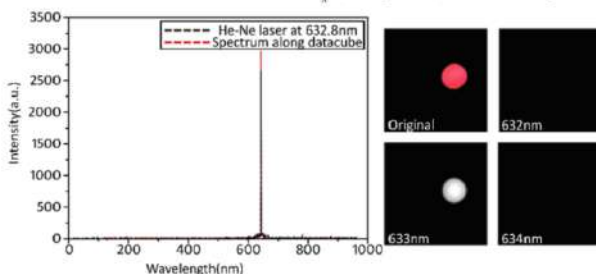


Рисунок 2

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kurskoy, Y. S., Hnatenko, O. S., & Afanasieva, O. V. (2023). Application of Supercontinuum in Optical Gyroscopy. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 15(6), 06023–1–06023–4. [https://doi.org/10.21272/jnep.15\(6\).06023](https://doi.org/10.21272/jnep.15(6).06023)
2. Wakin, M. B., Laska, J. N., Duarte, M. F., Baron, D., Sarvotham, S., Takhar, D., Kelly, K. F., & Baraniuk, R. G. (2006). An Architecture for Compressive Imaging. *Y 2006 International Conference on Image Processing*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/icip.2006.312577>
3. Plaza, A., Benediktsson, J. A., Boardman, J. W., Brazile, J., Bruzzone, L., Camps-Valls, G., Chanussot, J., Fauvel, M., Gamba, P., Gualtieri, A., Marconcini, M., Tilton, J. C., & Trianni, G. (2009). Recent advances in techniques for

hyperspectral image processing. Remote Sensing of Environment, 113, S110—S122. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.028>

4. Madejová, J. (2003). FTIR techniques in clay mineral studies. Vibrational Spectroscopy, 31(1), 1–10. [https://doi.org/10.1016/s0924-2031\(02\)00065-6](https://doi.org/10.1016/s0924-2031(02)00065-6)

УДК 538.9, 537.86

Комісаров Р.В.¹, Рева В.І.², Коротун А.В.^{3,4}

¹ студ. гр. БК-313м НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ проф. НУ «Запорізька політехніка»

⁴ с.н.с. ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України

ТЕРМООПТИЧНІ ЯВИЩА В МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНКАХ РІЗНОЇ ФОРМИ

Онкологічні захворювання є другою причиною смертності в світі після серцево-судинних хвороб. Клінічними дослідженнями було встановлено, що ефективність традиційних терапевтичних методів (хіміо- та променевої терапії) лікування ряду злоякісних новоутворень є недостатньою з низки причин. Тому плазмонна фототермічна терапія з використанням локальної гіпертермії (перегріву), викликаній збудженням плазмонного резонансу на поверхні металевих наночастинок може бути перспективним методом лікування вказаних злоякісних пухлин [1]. Фізичною причиною виникнення перегріву є те, що при поглинанні світла електромагнітна енергія дуже швидко перетворюється на теплову. Відмітимо, що процеси нагріву сферичних наночастинок різної морфології досліджено в роботі [2]. Проте, дослідження процесів перегріву наночастинок іншої геометрії (зокрема, нанорозмірних циліндрів і дисків) практично не проводилися, а тому є вельми актуальними.

Вважатимемо, що металева наночастинка (куля, циліндр або диск) знаходиться в середовищі з діелектричною проникністю ϵ_m . При збудженні поверхневих плазмонних резонансів відбувається перегрів наночастинок, величина якого визначається співвідношенням

$$\Delta T = \frac{C_{\text{abs}} I_0}{4\pi k \beta R_{\text{eq}}}, \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність падаючого на наночастинку світла;

k – коефіцієнт теплопровідності оточуючого середовища;

C_{abs} – переріз поглинання;

β і R_{eq} – параметр форми та еквівалентний радіус наночастинки.

Зрозуміло, що для сферичної наночастинки

$$\beta = 1, \quad R_{\text{eq}} = R, \quad (2)$$

тоді як для наноциліндра та нанодиска еквівалентний радіус знаходиться з умови рівності об'ємів кулі та циліндра / диска

$$V_{\text{sph}} = V_{\text{cyl}}, \quad V_{\text{sph}} = V_{\text{disk}}, \quad (3)$$

де

$$V_{\text{sph}} = \frac{4}{3}\pi R^3, \quad V_{\text{cyl}} = \frac{\pi}{4}d^2l, \quad V_{\text{disk}} = \frac{\pi}{4}d^2h,$$

l – довжина циліндра;

h – висота диска;

d – діаметр циліндра / диска.

Отже, вирази для еквівалентних радіусів циліндра / диска мають, відповідно, вигляд:

$$R_{\text{eq}}^{\text{cyl}} = \frac{1}{2}\sqrt[3]{\frac{3}{2}d^2l}, \quad R_{\text{eq}}^{\text{disk}} = \frac{1}{2}\sqrt[3]{\frac{3}{2}d^2h}. \quad (4)$$

В свою чергу, співвідношення для параметру форми циліндра / диска

$$\beta_{\text{cyl}} = 1 + 0,96587 \ln^2\left(\frac{l}{d}\right), \quad (5)$$

$$\beta_{\text{disk}} = \exp\left\{0,040 - 0,0124 \ln\left(\frac{h}{d}\right) + 0,0677 \ln^2\left(\frac{h}{d}\right) - 0,00457 \ln^3\left(\frac{h}{d}\right)\right\}. \quad (6)$$

Переріз поглинання наночастинки визначається виразом

$$C_{\text{abs}} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_m} \left(\frac{2}{3} \text{Im} \alpha_{\perp} + \frac{1}{3} \text{Im} \alpha_{\parallel} \right), \quad (7)$$

де діагональні компоненти тензора поляризованості

$$\alpha_{\perp(\parallel)}(\omega) = V \frac{\epsilon_{\perp(\parallel)}(\omega) - \epsilon_m}{\epsilon_m + \epsilon_{\perp(\parallel)}(\omega) - \epsilon_m}, \quad (8)$$

а діагональні компоненти діелектричного тензора матеріалу наночастинки в моделі Друде мають вигляд:

$$\epsilon_{\perp(\parallel)}(\omega) = \infty - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\gamma_{\text{eff}}^{\perp(\parallel)})}. \quad (9)$$

У формулах (8) і (9):

V – об’єм наночастинки;

$\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}$ – деполяризуючі фактори;

∞ – внесок міжзонних переходів у діелектричну функцію;

ω_p – плазмова частота, а ефективна швидкість релаксації

$$\gamma_{\text{eff}}^{\perp(\parallel)} = \gamma_{\text{bulk}} + \gamma_s^{\perp(\parallel)} + \gamma_{\text{rad}}^{\perp(\parallel)}, \quad (10)$$

де швидкість об’ємної релаксації $\gamma_{\text{bulk}} = \text{const}$ для кожного металу;

$\gamma_s^{\perp(\parallel)}$ і $\gamma_{\text{rad}}^{\perp(\parallel)}$ – швидкості поверхневої релаксації та радіаційного загасання.

Відзначимо, що у випадку сферичних наночастинок $\mathcal{L}_{\perp(\parallel)} = 1/3$, $\alpha_{\perp} = \alpha_{\parallel} = \alpha$, $\gamma_s^{\perp} = \gamma_s^{\parallel} = \gamma_s$, $\gamma_{\text{rad}}^{\perp} = \gamma_{\text{rad}}^{\parallel} = \gamma_{\text{rad}}$, в той час як у випадку циліндра / диска величини $\gamma_s^{\perp(\parallel)}$, $\gamma_{\text{rad}}^{\perp(\parallel)}$ і $\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}$ визначаються за допомогою підходу еквівалентного витягнутого / сплюсненого сфероїда, відповідно [3,4] (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Швидкості релаксації, розмірно-залежні функції та фактори деполяризації циліндрів і дисків

Величина	Форма	
	Циліндр	Диск
$\gamma_s^{\perp}$	$\gamma_s^{\perp} = \frac{9}{16} \frac{\mathcal{L}_{\perp}}{m_{\perp} + \frac{1}{\mathcal{L}_{\perp}}(1 - m_{\perp})} \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \frac{v_F}{\ell_{\perp}} \mathcal{J}_{\perp}^{\perp}(\text{eff})$	
$\gamma_s^{\parallel}$	$\gamma_s^{\parallel} = \frac{9}{32} \frac{\mathcal{L}_{\parallel}}{m_{\parallel} + \frac{1}{\mathcal{L}_{\parallel}}(1 - m_{\parallel})} \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \frac{v_F}{\ell_{\parallel}} \mathcal{J}_{\parallel}^{\parallel}(\text{eff})$	
$\gamma_{\text{rad}}^{\perp}$	$\gamma_{\text{rad}}^{\perp} = \frac{9V}{256\pi} \frac{\mathcal{L}_{\perp}}{\sqrt{m_{\perp} \left[\infty + \left(\frac{1}{\mathcal{L}_{\perp}} - 1 \right) m_{\perp} \right]}} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \frac{v_F}{\ell_{\perp}} \mathcal{J}_{\perp}^{\perp}(\text{eff})$	

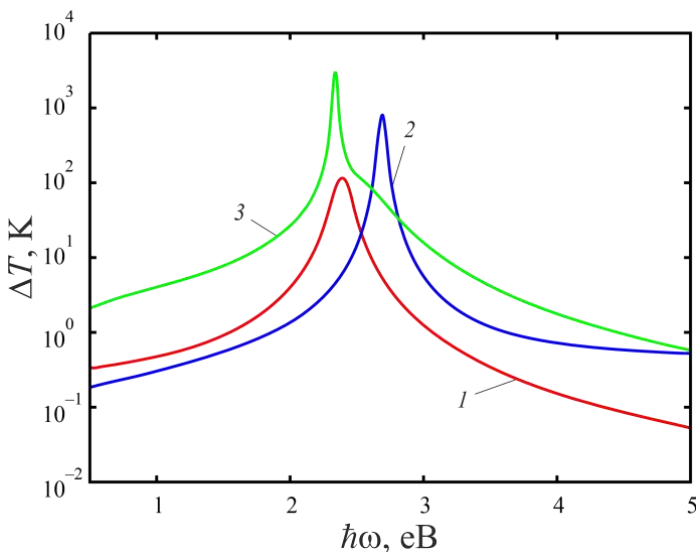
$\gamma_{\text{rad}}^{\parallel}$	$\gamma_{\text{rad}}^{\parallel} = \frac{9V}{128\pi} \frac{\mathcal{L}_{\parallel}}{\sqrt{m \left[\infty + \left(\frac{1}{\mathcal{L}_{\parallel}} - 1 \right) m \right]}} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \frac{v_F}{\ell_{\parallel}} \mathcal{J}_{\parallel}^{\text{eff}} \left(\right)$	
$\mathcal{J}_{\perp}^{\text{eff}} \left(\right)$	$\mathcal{J}_{\perp}^{\text{eff}} \left(\right) = \left(1 - \frac{2}{\text{eff}} \right)^{\frac{3}{2}} \times$ $\times \left\{ 2 \left(\frac{3}{4} - \frac{2}{\text{eff}} \right) \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \text{eff} \right) + \right.$ $\left. + \text{eff} \left(\frac{3}{2} - \frac{2}{\text{eff}} \right) \sqrt{1 - \frac{2}{\text{eff}}} \right\}$	$\mathcal{J}_{\perp}^{\text{eff}} \left(\right) = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\text{eff}} - 1 \right)^{-\frac{3}{2}} \times$ $\times \left\{ \text{eff} \left(2 \frac{2}{\text{eff}} - 3 \right) \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} + \right.$ $\left. + \left(4 \frac{2}{\text{eff}} - 3 \right) \ln \left(\text{eff} + \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} \right) \right\}$
$\mathcal{J}_{\parallel}^{\text{eff}} \left(\right)$	$\mathcal{J}_{\parallel}^{\text{eff}} \left(\right) = \left(1 - \frac{2}{\text{eff}} \right)^{-\frac{3}{2}} \times$ $\times \left\{ \frac{\pi}{2} - \arcsin \text{eff} + \right.$ $\left. + \text{eff} \left(1 - 2 \frac{2}{\text{eff}} \right) \sqrt{1 - \frac{2}{\text{eff}}} \right\}$	$\mathcal{J}_{\parallel}^{\text{eff}} \left(\right) = \left(\frac{2}{\text{eff}} - 1 \right)^{-\frac{3}{2}} \times$ $\times \left\{ \text{eff} \left(2 \frac{2}{\text{eff}} - 1 \right) \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} - \right.$ $\left. - \ln \left(\text{eff} + \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} \right) \right\}$
$\mathcal{L}_{\parallel}$	$\mathcal{L}_{\parallel} = \frac{\frac{2}{\text{eff}}}{2 \left(1 - \frac{2}{\text{eff}} \right)^{3/2}} \times$ $\times \left(\ln \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{2}{\text{eff}}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{2}{\text{eff}}}} - 2 \sqrt{1 - \frac{2}{\text{eff}}} \right)$	$\mathcal{L}_{\parallel} = \frac{\frac{2}{\text{eff}}}{2 \left(\frac{2}{\text{eff}} - 1 \right)^{3/2}} \times$ $\times \left(\sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} - \arctg \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} \right)$
$\mathcal{L}_{\perp}$	$\mathcal{L}_{\perp} = \frac{1}{2} (1 - \mathcal{L}_{\parallel})$	

Розрахунки проводилися для Au наночастинок вказаних форм, розташованих у тефлоні ($\epsilon_m = 2,3$, $\kappa = 0,25$ Вт/м·К), за таких параметрів: інтенсивність падаючого на частинку випромінювання $I_0 = 1$ мВт/мкм²; розміри частинок $R = 50$ нм (сфера); $d = 66,67$ нм, $l = 150$ нм (циліндр); $d = 163,30$ нм, $h = 25$ нм (диск).

Криві частотних залежностей перегріву наночастинок однакового об'єму, але різної форми наведено на рис. 1. результати розрахунків свідчать про те, що максимальний перегрів збільшується приблизно на один порядок при зміні форм наночастинок у ряду сфера $\rightarrow$ циліндр $\rightarrow$ диск. Крім того, незважаючи на наявність у циліндрів і дисків двох поверхневих плазмонних резонансів (поперечного та поздовжнього), перегрів для частинок цих форм має один максимум, який відповідає поздовжньому резонансу для циліндра і поперечному резонансу для диска.

В роботі одержано вирази для частотної залежності перегріву золотих наночастинок різної форми.

Результати розрахунків вказують на доцільність використання у фототермічній терапії сферичних наночастинок, оскільки перегрів для них буде найменшим, а також на важливість зменшення інтенсивності падаючого світла, щоб не завдати шкоди оточуючій пухлину здоровій тканині.



1 – сферичні; 2 – циліндричні; 3 – дискподібні.

Рисунок 1 – Частотна залежність перегріву золотих наночастинок різної форми за однакового об'єму в тефлоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Baffou, G. Thermoplasmonics: Heating Metal Nanoparticles Using Light / G. Baffou. – Cambridge University Press, 2017. – 314 p.
2. Korotun, A. The size thermal effects in the neighborhood of the plasmonic bimetallic nanoparticle / A. Korotun // XII International Scientific Conference “Functional Basis of Nanoelectronics” (FBN-2021)» (September, 20 – 24, 2021). – Kharkiv – Odesa // Collection of scientific works. – XII.: September, 2021. – 112 p. – P. 49–53.
3. Korotun, A.V. Optical absorption of a composite with randomly distributed metallic inclusions of various shapes / A.V. Korotun, N. I. Pavlyshche // Functional Materials. – 2022. – V. 29. – No. 4. – P. 567–575.
4. Коротун, А.В. Аналітична теорія плазмонних ефектів у стрижнеподібних металевих наночастинок. Модель ефективного сфероїду

УДК 621.382

Кривоус А.С.¹, Сніжної Г.В.², Слодовник А.І.³

¹ асп. гр. А-105.13 НУ «Запорізька політехніка»

² проф. НУ «Запорізька політехніка»

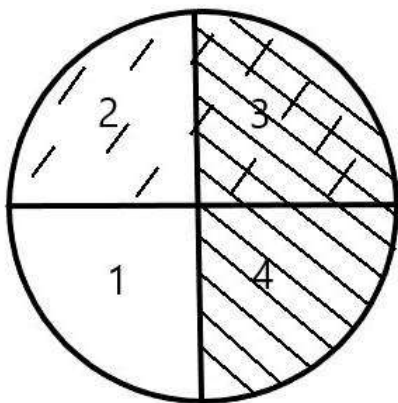
³ директор ТОВ «Елемент-Перетворювач»

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТРАВЛЕННЯ ПЛАСТИН КРЕМНІЯ N-ТИПУ НА ГЛИБИНУ ДИФУЗІЇ АЛЮМІНІЮ ТА БОРУ

Зараз не можливо уявити сучасний світ без напівпровідникових приладів. Напівпровідникова електроніка проникла у всі сфери діяльності людини – від мистецтва й побуту до медицини та космосу. Починаючи з кінця 40х років ХХ ст. й до сьогодні, вона здолала стрімкий, але багатоетапний шлях від дискретного напівпровідникового транзистора до процесорів з 100 мільярдами транзисторів. Сучасні технології виготовлення напівпровідникових процесорів виглядають фантастично, але без дискретних приладів напівпровідникова електроніка не залишилась. Одним з напрямків напівпровідникової електроніки, де збереглись дискретні напівпровідникові прилади, є силова електроніка. Основою енергоефективної економіки є високотехнологічна силова електроніка. Використання якісних та надійних силових напівпровідникових приладів (СНП) та силових напівпровідникових модулів (СНМ) сприяє заощадженню електроенергії в транспорті та промисловості. З метою оптимізації елементної бази для СНП та СНМ, які виробляє ТОВ «ЕЛЕМЕНТ-ПЕРЕТВОРЮВАЧ», на підприємстві конструкторським відділом постійно проводяться НДР з залученням аспірантів та співробітників НУ «Запорізька політехніка».

Робота проводилась в контексті програми розробки та запровадження в виробництво склопассивованих (з захищеною склою меза-фаскою) чипів тиристорів та триаків. В напівпровідниковій структурі р-п перехід, який забезпечує пряму гілку ВАХ наведених чипів, виконаний за планарною технологією з використанням «ділительних кілець» з подальшим захистом виходу р-п переходу на поверхню склою. Технологія створення «ділительних кілець» базується на різниці в швидкості дифузії в шліфовану, травлену та окислену поверхню пластин кремнію. Для визначення глибини дифузії в різні варіанти підготовленої поверхні на наявному на підприємстві обладнанні була виготовлена партія кремнієвих пластин в кількості 8 штук. Вихідний матеріал – кремній n-типу Б-45.

Пластини шліфувались з використанням шліфувального порошку F400 (середній розмір зерна 17 мкм) з товщини 400 мкм до товщини 320 мкм, після чого їх обробили ПАР та ПКР з УЗМ. Подальша підготовка пластин полягала в травленні частини пластин у кислотному розчині типу 1:10 (1 частика HF та 10 - HNO_3) або у кислотному розчині типу 1:4:0,5 (1 частка HF, 10- HNO_3 та 0,5 - $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) з кількома варіантами травлення поверхні кремнієвої пластини на різну контрольовану глибину та з окисненням частини пластини згідно рисунку 1. Окислення проводилось в дифузійній печі протягом двох годин при температурі 1015 °С.



1 – травлена; 2 – травлена та окислена; 3 – шліфована та окислена;
4 – шліфована.

Рисунок 1 – Підготовка пластини.

Технологія формування «кілець» для напівпровідникових структур на шліфованих пластинах кремнію базується на різниці швидкості дифузії композиції домішки алюмінію та бору в поверхні, які підготовлені в різний спосіб. Тонкий шар окислу на шліфованій поверхні платини кремнію являє собою маскуючим покриттям для домішки бору, але прозорий для дифузії алюмінію. В свою чергу травлена поверхня прозора для дифузії бору, але не достатньо активна для дифузії алюмінію. Дифузія легуючої домішки проводилась з алюмоборосилікатного скла (склад композиції для проведення дифузії для очікуваного поверхньового опору R_{sp} (Ом·см) відповідає: 7 г $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; 0,1 г H_3BO_3 на 50 мл $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Дифузанти наносили на поверхню пластини центрифугою ($V_{об}=2500$ об./хв.). Дифузія проводилась протягом 22 годин з поступовим підняттям температури з 800°C до 1250°C. Глибина p-n

переходу x_j визначалась методом сферичного шліфу з діаметром сфери 17,3 мм. Контрастне зафарбовування дифузійних шарів в кремнії проводилось в розчині CuSO_4 . Отримані результати вимірювань для різних комбінацій підготовки поверхні пластин кремнію було оформлено в таблицю 1.

Таблиця 1 – Глибина дифузії композиції легуючої домішки алюмінію та бору в поверхню пластин кремнію, підготовлених в різний спосіб

№ пластини	Кислотний розчин	Глибина травлення,	Поверхня без окислу		Поверхня з окислом	
			шліфована	травлена	шліфована	травлена
			x_j , мкм	x_j , мкм	x_j , мкм	x_j , мкм
1	1:4:0,5	4	78,7	32,8	59,1	Не має
2		8	78,7	26,8	52,5	Не має
3		14	78,7	23,1	42,3	Не має
4		12	78,7	33,2	50,3	Не має
5	1:10	1-2	73,5	54,6	56,8	46,2
6		4	73,5	26,8	56,8	Не має
7		8-9	73,5	17,1	50,3	Не має
8		11-12	78,7	22,4	54,6	Не має

На основі даних таблиці 1 побудували криві залежності глибини дифузії легуючої домішки від глибини травлення для двох типів кислотних розчинів. З отриманих залежностей зробили висновки, що кислотний розчин 1:10 ефективніше затримує легуючу домішку композиції алюмінію та бору, ніж кислотний розчин 1:4:0,5. Проте, під час контролю товщини пластини від краю до центру, з'ясували, що травлення пластин в 1:10 не рівномірне, що ускладнює застосування даного розчину для технології формування «ділительних кілець». З проведеного аналізу підібрали оптимальну глибину (5-10 мкм) травлення поверхні в кислотному розчині 1:4:0,5 перед проведенням дифузії легуючої домішки алюмінію та бору без окислення перед нанесенням алюмоборосилікатного скла. З'ясували глибину р-п переходу x_j для шліфованої поверхні без окислу (76 мкм), з окислом (45-55 мкм) та для поверхні обробленої кислотним розчином (17-27 мкм) для заданого режиму дифузії та композиції легуючої домішки. Також визначили, що якщо поверхня пластин кремнію травлена на глибину більше 5 мкм та окислена, то дифузія в пластину кремнію на заданих в роботі режимах не відбувається.

УДК 621.372.852

Kutsak Serhii¹, Korotun Andrii², Hnatenko Oleksandr³

¹ Senior lecturer of Information Security and Nanoelectronics Department NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD, Head of the Department of Information Security and Nanoelectronics NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³ PhD, Head of the Department of the Department of Physical Fundamentals of Electronic Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics

DETERMINATION OF A PERIODIC SEQUENCE SURFACE IMPEDANCE OF THE RECTANGULAR WAVEGUIDES JUNCTIONS

Determination of a periodic sequence surface impedance of the rectangular waveguides junctions

The development of effective analytical-numerical models of basic inhomogeneities in waveguide structures (diaphragms, pins, and waveguide joints), which allow programmatically to implement theoretical developments in the field of computer modeling of various inhomogeneities of microwave nodes, is an urgent scientific and applied problem, the solution of which this work is dedicated to.

Most of the problems of the diffraction mathematical theory and electromagnetic waves propagation were solved thanks to the introduction of equivalent boundary conditions that roughly describe the effect of a real obstacle on wave propagation. Impedance boundary conditions [1] are a vivid example of such boundary conditions. Their introduction and use made it possible to build effective methods and algorithms for solving a large number of diffraction theory problems.

This paper considers a calculation model of a rectangular waveguide with a periodic sequence of secondary waveguides along a narrow wall, which are elements of a filter of harmonics with wave leakage (Fig. 1).

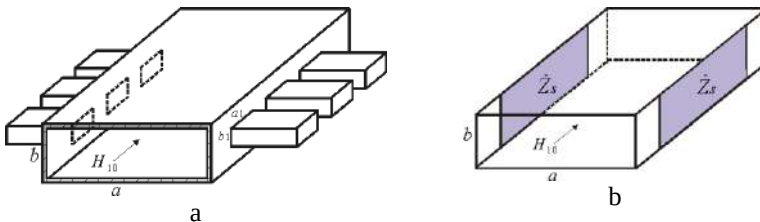


Figure 1 – Section of a waveguide path with secondary waveguides along narrow walls (a) and its calculation model (b) – a waveguide with impedance narrow walls.

It is assumed that the H_{10} wave falls on the interface between a regular rectangular waveguide with ideal metal walls and a rectangular waveguide on the narrow walls of which secondary rectangular waveguides are located (Fig. 1a). The medium inside the waveguides has the following parameters: $\mu_r = \varepsilon_r = 1$.

In order to be able to apply the approximate boundary conditions, the periodic sequence of secondary rectangular waveguides is replaced by a smooth impedance surface with a homogeneous isotropic impedance $\tilde{Z}_s$.

In Fig. 1 b) provides a calculation model of the junction of a regular and irregular waveguide with impedance narrow walls. In the general case, the surface impedance of irregular narrow walls is a complex value, which allows taking into account losses in the waveguide.

Taking into account the geometry of the problem (Fig. 2), the surface impedance is represented as a decomposition of the equivalent surface impedance $\tilde{Z}_{eq}$ of a separate hole into a double Fourier series.

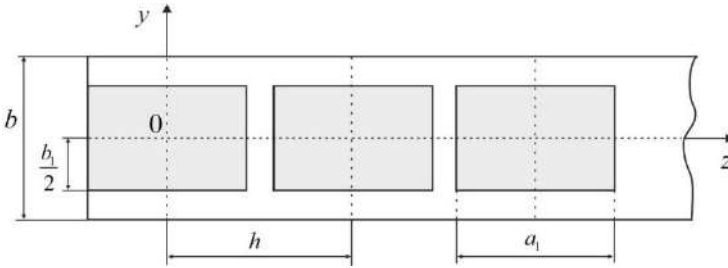


Figure 2 – Geometry of the problem

$$\begin{aligned} \dot{Z}(y,z) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \delta_{mn} \{ & A_{mn} \cos(k_y y) \cos(k_z z) + B_{mn} \sin(k_y y) \cos(k_z z) + \\ & + C_{mn} \cos(k_y y) \sin(k_z z) + D_{mn} \sin(k_y y) \sin(k_z z) \} \end{aligned} \quad , \quad (1)$$

where δ_{mn} - normalizing coefficient,

$k_y = m\pi/b$, $k_z = n\pi/h$ - transverse wavenumbers along the y and z axis, respectively,

$\varphi_{mn}(y,z)$ - eigen-functions of in the waveguide area under study.

The coefficients of the Fourier series are calculated from the ratio:

$$U_{mn} = \frac{4}{bh} \int_0^b \int_0^h \dot{Z}(y,z) \varphi_{mn}(y,z) dy dz \quad , \quad (2)$$

where U_{mn} – any of the coefficients A_{mn} , B_{mn} , C_{mn} , D_{mn} ; the function $\dot{Z}(y,z)$, which is included under the integral sign, is defined as:

$$\dot{Z}(y,z) = \begin{cases} \dot{Z}_{eq}, & \text{for } (y,z) \in S_1, \\ 0, & \text{for } (y,z) \notin S_1, \end{cases} \quad (3)$$

where S_1 - cross section $a_1 \times b_1$ of the secondary waveguide.

$$\dot{Z}_{eq} = \frac{\iint_{S_1} [\dot{E}, \dot{H}^*] \tilde{x}_0 dz dy}{\iint_{S_1} |\dot{H}_\perp|^2 dz dy} \quad (4)$$

The amplitudes of electric E and magnetic H fields are determined from the solution of the H_{10} wave diffraction problem at the junction of the primary and secondary waveguides [3]. In the proposed mathematical model of the waveguide, the impedance of narrow walls should be homogeneous and isotropic. For this, the concept of "average value of surface impedance" is introduced, which is defined as the average value of surface impedance over a period.

$$\dot{Z}_s = \frac{1}{bh} \int_0^b \int_0^h \dot{Z}(y,z) dy dz, \quad (5)$$

where $\dot{Z}(y,z)$ is determined from equation (1).

According to the obtained analytical expression (5), a numerical analysis of the dependence of the normalized value of the surface impedance $\tilde{Z}_S = \dot{Z}_S / \dot{Z}_0$ on the ratio a/λ for different values of the parameter $d=b_1/a_1$ (where a is the size of the wide wall of the main waveguide, $\dot{Z}_0$ is the wave impedance of free space).

In fig. 3, 4 are depicted the dependences of the real (active) and imaginary (reactive) parts of $\tilde{Z}_S$. The resonant nature of the active component of the surface impedance (Fig. 3) is related to the redistribution of energy between higher types of waves. Since the value of the active component of the impedance is completely determined by the field of waves propagating in the lateral waveguides, then at a wavelength longer than the critical one, lateral waveguides are out of bounds for the corresponding types of waves and, as a result, the active part of the impedance is zero. The reactive component of the surface impedance in the studied structure has an inductive nature. The value of the reactive component, as well as the active one, changes resonantly with the change in wavelength. The resonant nature of the curves in Fig. 4 is associated with the excitation of higher types of waves in the main waveguide, for which the secondary waveguides are below cutoff.

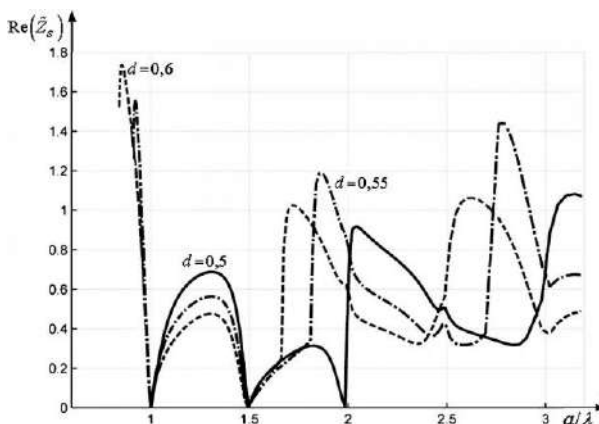


Figure 3 – Dependence of $\text{Re}(\tilde{Z}_s)$ on the ratio a/λ for different values of d

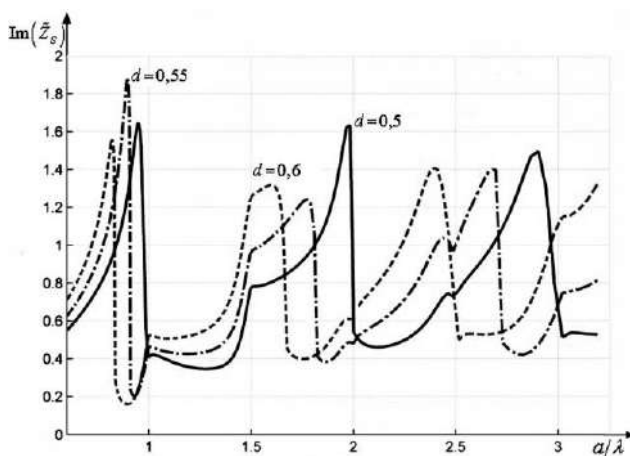


Figure 4 – Dependence of $\text{Im}(\tilde{Z}_s)$ on the ratio a/λ for different values of d

REFERENCES

1. Hoppe D.J. Impedance Boundary Conditions In Electromagnetics. Boca Raton: CRC Press, 1995. 192 p.
2. Stroud K.A. Fourier Series and Harmonic Analysis. Oxford: Nelson Thornes Ltd, 1984. 204 p.
3. Kutsak S.V., Logacheva L.M. H-plane Tee Junction of Rectangular Waveguides: The Three-Dimensional Case. *The 15th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory*. Conference proceeding. - Dnipropetrovsk, Ukraine, August 26-28, 2014. – pp. 176-179.

УДК 535.8; 543.4

Колузанов О.М.¹, Осередчук Т.М.¹, Курський Ю.С.²

¹ асп. Харківського національного університету радіоелектроніки

² проф. Харківського національного університету радіоелектроніки

МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ НА ОСНОВІ ТОПОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Тема «Модель розпізнавання образів на основі топологічного аналізу» є перспективною в галузі комп'ютерного зору, але на початку дослідження є кілька проблем. По-перше, одна ключова проблема полягає в тому, як представити дані. Традиційні методи машинного навчання для розпізнавання образів використовують піксельну інформацію або геометричні особливості об'єктів. Однак топологічний аналіз зосереджується на топологічних характеристиках, таких як кількість з'єднаних компонентів або отворів в об'єкті. Це може бути важко зрозуміти та змодельовати, оскільки ці функції є глобальними та не змінюються з невеликими змінами в об'єкті.

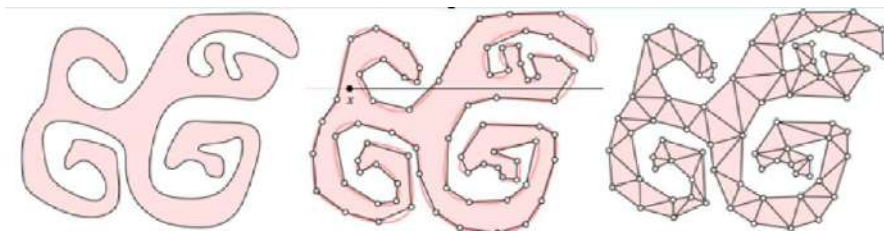


Рис.1.

Рис.2.

Рис.3.

Рисунок 1 - Заштрихована середина та білий фон ззовні простої замкнутої кривої на площині.

Рисунок 2 - Апроксимація простої замкнутої кривої простим замкнутим багатокутником. Точка X лежить всередині багатокутника, а півпрямая перетинає

Рисунок 3 - Триангуляція багатокутника на малюнку. Кожна діагональ проходить від однієї сторони внутрішньої до іншої

Друга проблема полягає у виборі правильних метрик і алгоритмів для топологічного аналізу. Такі інструменти, як стійка гомологія, є потужними для розуміння структури даних, але їх інтеграція з моделями машинного навчання вимагає нових способів обробки цієї інформації. Зокрема, для перетворення складних топологічних даних у вхідні дані для нейронних мереж або інших моделей потрібні спеціальні алгоритми, які можуть включати топологічні характеристики під час навчання.

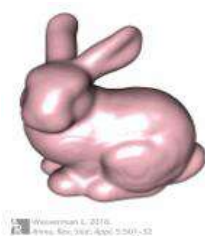


Рис.4.

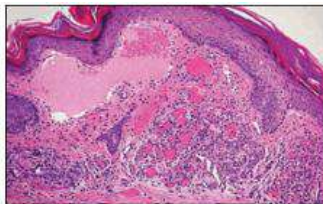


Рис.5.



Рис.6.

Рисунок 4 - Тривимірні зображення часто потребують методів класифікації, стійких до незначних змін у їхній структурі. Топологічний аналіз даних (TDA) пропонує потенціал для забезпечення функцій, які залишаються стабільними, незважаючи на такі невеликі деформації, що робить його перспективним підходом для таких завдань.

Рисунок 5 - Приклад гістологічного знімка. Типове зображення має багато згустків і пустот, тому TDA може бути відповідним методом для узагальнення зображень.

Рисунок 6 - Приклад гістологічного знімка. Типове зображення має багато згустків і пустот, тому TDA може бути відповідним методом для узагальнення зображень.

Третє питання – інтерпретація результатів. Топологічний аналіз, особливо стійка гомологія, часто створює складні візуальні результати (наприклад, штрих-коди та діаграми), які важко зрозуміти без глибоких знань топології. Це ускладнює оцінку ефективності моделі та вибір найкращих параметрів її роботи.

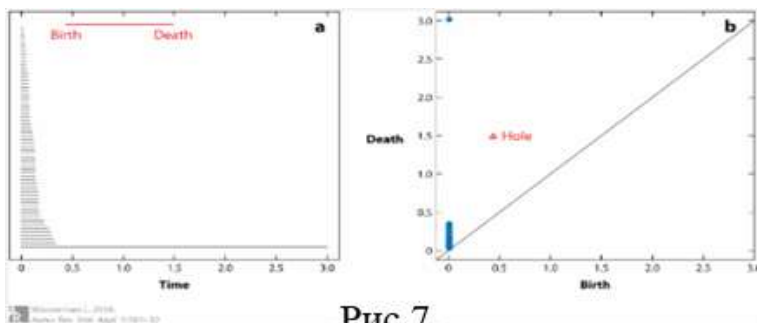


Рис.7.

Рисунок 7 - Сірі лінії показують народження та смерть кожного зв'язаного компонента зі збільшенням ϵ . Червона лінія показує народження та смерть дірки зі збільшенням ϵ .

Таким чином, основні проблеми включають інтеграцію топологічного аналізу з методами машинного навчання, вибір правильних алгоритмів та інтерпретацію результатів, що вимагає подальших досліджень і розробки нових підходів для вирішення цих проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wasserman, L. (2018). Topological data analysis. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 5, 501-532.
2. Edelsbrunner, H., & Harer, J. (2010). *Computational Topology: An Introduction*. American Mathematical Society.

УДК 538.9, 537.86

Павлище Н.І.¹, Яцун Є.С.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БКЗ-313м НУ «Запорізька політехніка»

ДИПОЛЬНА ПОЛЯРИЗОВАНІСТЬ ТРИКУТНОЇ РІВНОБІЧНОЇ МЕТАЛЕВОЇ НАНОПРИЗМИ

Однією з найбільш перспективних галузей нанотехнології є наноплазмоніка, що досліджує взаємодію світла з нанорозмірними металевими структурами. Серед численних наноструктур трикутні металеві нанопризми привертають значну увагу завдяки своїм унікальним оптичним властивостям через їхню здатність до локалізації та підсилення електромагнітного поля поблизу поверхні, що робить їх ідеальними для застосування в сенсориці та при розробці новітніх нанофотонних і оптоелектронних пристроїв. Проте, в науково-технічній літературі обмаль робіт, в яких описуються оптичні властивості таких наноструктур. Тому питання про дослідження оптичних характеристик трикутних металевих нанопризм є актуальною задачею.

Нехай металева наночастинка, що має форму рівнобічної трикутної призми, знаходиться в діелектричному середовищі з проникністю ϵ_m (рис. 1).

Оптичні властивості такого нанооб'єкту описуватимемо в рамках підходу еквівалентного сплюсненого сфероїда [1], сутність якого полягає у наступному: замість дослідження оптичних властивостей наночастинки, форма якої є низькосиметричною, можна досліджувати відповідні властивості еквівалентного йому сплюсненого сфероїда, причому аспектне відношення еквівалентного сфероїда (ефективне аспектне відношення) пов'язане з аспектним відношенням об'єкту досліджуваної форми деяким співвідношенням. Це співвідношення впливає з умови рівності відношень

відповідних моментів інерції досліджуваного об'єкту й еквівалентного йому сфероїда.

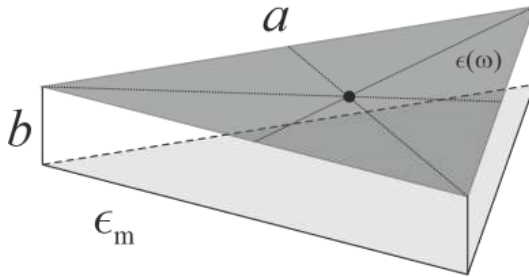


Рисунок 1 – Геометрія задачі

Згідно описаного вище підходу, вирази для діагональних елементів тензора поляризованості нанопризми такі самі, як і для сплюсненого сфероїда

$$\alpha_{\perp(l)} = V \frac{\epsilon_{\perp(l)}(\omega) - \epsilon_m}{\epsilon_m + \epsilon_{\perp(l)}(\omega) - \epsilon_m}, \quad (1)$$

де V – об'єм призми, рівний

$$V = \sqrt{5}a^2b/4, \quad (2)$$

a і b – сторона і товщина призми; діагональні елементи діелектричного тензора в моделі Друде мають вигляд

$$\epsilon_{\perp(l)}(\omega) = \epsilon_{\infty} - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\gamma_{\text{eff}}^{\perp(l)})}, \quad (3)$$

ϵ_{∞} – внесок міжзонних переходів у діелектричну проникність;

ω_p – плазмова частота, а діагональні компоненти тензора ефективної швидкості релаксації

$$\gamma_{\text{eff}}^{\perp(l)} = \gamma_{\text{bulk}} + \gamma_s^{\perp(l)} + \gamma_{\text{rad}}^{\perp(l)}, \quad (4)$$

У формулі (4) швидкість об'ємної релаксації $\gamma_{\text{bulk}} = \text{const}$ для конкретного матеріалу, а швидкості поверхневої релаксації і радіаційного загасання

$$\gamma_s^{\perp(\parallel)} = \mathcal{S}_{\perp(\parallel)} \frac{v_F}{l_{\perp(\parallel)}}; \quad (5)$$

$$\gamma_{\text{rad}}^{\perp(\parallel)} = \mathcal{B}_{\perp(\parallel)} \frac{v_F}{l_{\perp(\parallel)}}, \quad (6)$$

де v_F – фермівська швидкість електронів; $l_{\perp(\parallel)}$ – довжина вільного пробігу електронів у поперечному або поздовжньому напрямках,

$$l_{\perp} = b, \quad l_{\parallel} = 2a/\sqrt{5}, \quad (7)$$

а

$$\mathcal{S}_{\perp(\parallel)} = \frac{9}{16} \frac{\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}}{m + \frac{\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}}{l_{\perp(\parallel)}}(1 - m)} \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \mathcal{F}_{\perp(\parallel)}(\text{eff}); \quad (8)$$

$$\mathcal{B}_{\perp(\parallel)} = \frac{9V}{128\pi} \frac{\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}}{\sqrt{m \left[\frac{1}{\mathcal{L}_{\perp(\parallel)}} - 1 \right] m}} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \mathcal{F}_{\perp(\parallel)}(\text{eff}). \quad (9)$$

У формулах (8) і (9) розмірно-залежних функції $\mathcal{F}_{\perp(\parallel)}(\text{eff})$ мають вигляд

$$\begin{aligned} \mathcal{F}_{\perp}(\text{eff}) &= \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\text{eff}} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \times \\ &\times \left\{ \text{eff} \left(2 \frac{2}{\text{eff}} - 3 \right) \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} + \left(4 \frac{2}{\text{eff}} - 3 \right) \ln \left(\text{eff} + \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} \right) \right\}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\mathcal{F}_{\parallel}(\text{eff}) = \left(\frac{2}{\text{eff}} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \left\{ \text{eff} \left(2 \frac{2}{\text{eff}} - 1 \right) \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} - \ln \left(\text{eff} + \sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} \right) \right\}, \quad (11)$$

а фактори деполяризації

$$\mathcal{L}_{\parallel} = \frac{\frac{2}{\text{eff}}}{\left(\frac{2}{\text{eff}} + 1 \right)^2} \left(\sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1} + \arctg \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{\text{eff}} - 1}} - \frac{\pi}{2} \right), \quad \mathcal{L}_{\perp} = \frac{1}{2} (1 - \mathcal{L}_{\parallel}). \quad (12)$$

У вирази (10) – (12) входить ефективне аспектне відношення ϵ_{eff} , формула для якого має вигляд

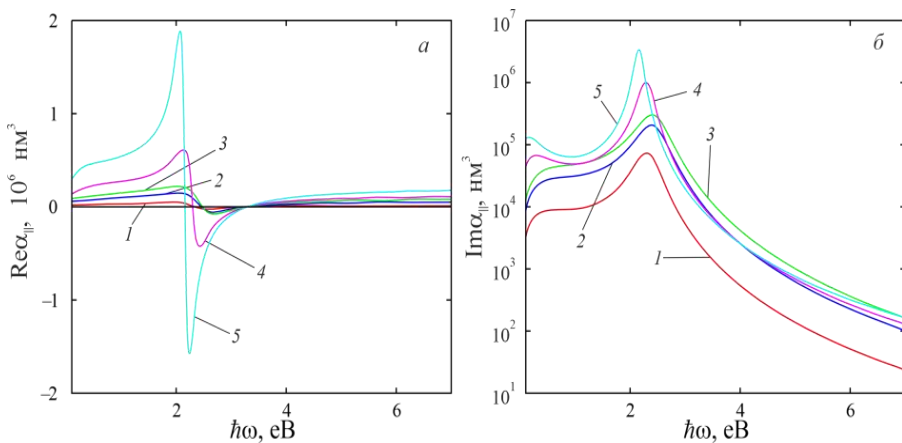
$$\epsilon_{\text{eff}} = 2 / \sqrt{\epsilon^2 + 4}, \quad (13)$$

де аспектне відношення для призми

$$= a/b. \quad (14)$$

Розрахунки проводилися для трикутних нанопризм Au різних розмірів, які знаходяться в середовищі з $\epsilon_m = 2,3$.

На рис. 2 наведено частотні залежності дійсної й уявної частин поздовжньої компоненти тензора поляризованості. Відзначимо, що для трикутних нанопризм, як і у випадку наноструктур інших форм $\text{Re} \alpha_{\parallel}(\omega)$ є знакозмінною функцією частоти, тоді як $\text{Im} \alpha_{\parallel}(\omega) > 0$ у всьому розглянутому частотному інтервалі. Максимуми кривих $\text{Im} \alpha_{\parallel}(\omega)$ відповідають частотам поздовжнього поверхневого плазмонного резонансу.



a – дійсна частина; b – уявна частина.

Рисунок 2 – Частотні залежності поздовжньої компоненти поляризованості для нанопризм із розмірами 1 – $a = 40$, $b = 10$ нм; 2 – $a = 80$ нм, $b = 10$ нм; 3 – $a = 100$ нм, $b = 10$ нм; 4 – $a = 80$ нм, $b = 20$ нм; 5 – $a = 80$ нм, $b = 30$ нм.

Зі збільшенням бічної сторони нанопризми (при постійній висоті) має місце невеликий «синій» зсув $\max \{ \text{Im} \alpha_{\parallel} \}$ (криві у послідовності $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$),

в той час як зі збільшенням висоти (при постійній бічній стороні) максимуми зсуваються в бік менших частот (криві у послідовності $2 \rightarrow 4 \rightarrow 5$). Такі зсуви максимумів супроводжуються збільшенням їх амплітуди. Оскільки зі збільшенням бічної сторони та зменшенням висоти збільшується аспектне відношення, то можна вважати, що збільшення аспектного відношення призводить до «синього» зсуву $\max \{ \text{Im} \alpha_{\parallel} \}$.

Встановлено, що зі збільшенням аспектного відношення має місце синій зсув максимумів уявних частин повздовжньої компоненти тензора поляризованості, які відповідають повздовжнім поверхневим плазмовим резонансам.

Розрахунки показали, що для наночастинок досліджуваної форми частоти повздовжніх та поперечних ППР близькі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Korotun A.V., Pavlyshche N.I. // Functional Materials. – 2022. – V. 29. – No. 4. – P. 567–575.

УДК 621.3

Буток О.М.¹, Чигіль Ю.І.², Рубіш В.М.³, Крючин А.А.⁴

¹ м.н.с. Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

² асп. Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

³ зав.лабораторією, проф. Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

⁴ зав.відділом, проф. Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИЛУЧЕННЯ ЗАЛИШКІВ МЕТАЛЕВОЇ ПЛІВКИ СФОКУСОВАНИМ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

У зв'язку з підвищенням щільності розміщення інформаційних елементів на підкладках оптоелектронних приладів значна увага приділяється зменшенню кількості дефектів різних типів на них. Значну частину дефектів на підкладках складають тверді дефекти, які представляють собою частинки металу, з якого виготовлені інформаційні елементи на підкладках розмірами 1-50 мкм. Ефективним методом вилучення таких дефектів може бути лазерна обробка сфокусованим лазерним випромінюванням [1-4]. Під впливом імпульсів сфокусованого лазерного випромінювання відбувається локальне нагрівання матеріалу дефектів і при досягненні певної температури відбувається локальне випаровування матеріалу (відбувається процес абляції матеріалу). Проведенні дослідження показали, що не всі дефекти випаровуються під впливом імпульсів сфокусованого лазерного

випромінювання навіть при опроміненні серією імпульсів. Це свідчить про те, що вплив імпульсів лазерного випромінювання не призводить до локального нагрівання матеріалу дефекту до температури його випаровування. Такий ефект може бути пов'язаний з тим, що матеріал дефекту ефективно не поглинає лазерне випромінювання і, як наслідок, не відбувається нагрівання матеріалу дефекту до визначеної температури. Виникнення таких дефектів може бути пов'язане з впливом навколишнього середовища, в якому здійснювався процес фотолітографії, і процесом хімічної обробки поверхні підкладок. Ці дефекти можуть вплинути на зображення на підкладці і зазвичай усуваються за допомогою проведення додаткового процесу очищення (або низки процесів). Для вилучення дефектів такого типу може використовуватися потенційно більш агресивний процес очищення [4].

Зображення поверхні зразка з мікрорельєфною структурою до і після процесу вилучення залишків металевої плівки імпульсним сфокусованим лазерним випромінюванням наведено на рис.1. В цілому обробка поверхні підкладок з мікрорельєфними структурами дозволяє отримати поверхню без залишків металевих частинок (рис.2).

Для вилучення металевих частинок, розмір яких перевищує розмір сфокусованого лазерного променя (при проведенні експериментальних досліджень діаметр сфокусованого променя становив 20 мкм) здійснювалось сканування променем по поверхні дефекту. Особливу проблему становило вилучення дефектів біля елементів інформаційної структури. Якість вилучення визначалась точністю системи переміщення зразків.

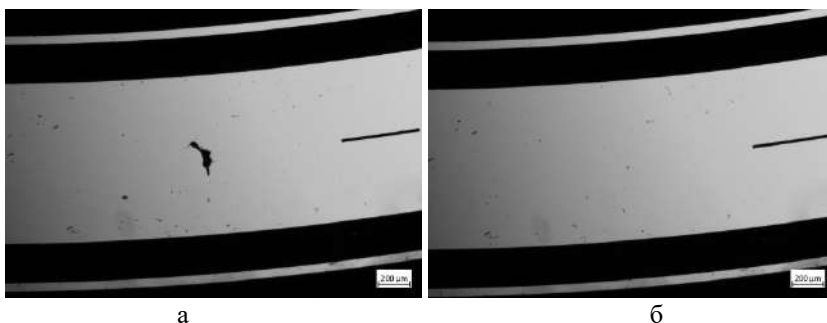


Рисунок 1 - Зображення поверхні зразка з мікрорельєфною структурою до(а) і після (б) процесу вилучення залишків металевої плівки сфокусованим лазерним випромінюванням

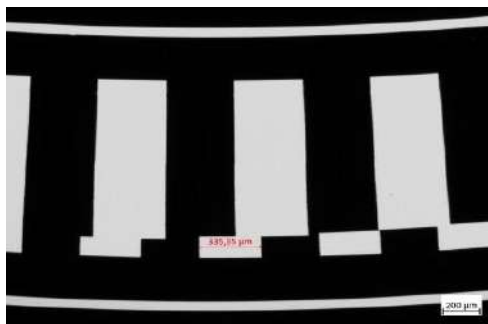


Рисунок 2 - Зображення поверхні зразка з мікрорельєфною структурою після вилучення залишків металевих частинок імпульсним лазерним випромінюванням

На сучасному рівні технологій виникнення дефектів на поверхні підкладок оптоелектронних виробів отриманих методом фотолітографії, є неминучим. Для підвищення виходу придатної продукції необхідним є процедура вилучення дефектів. Найбільш ефективним методом вилучення дефектів є метод лазерної абляції.

Експериментально показана можливість вилучення лазерними імпульсами металевих дефектів різних розмірів на підкладках з рельєфними металевими мікроструктурами, в тому числі, розташованим поруч з інформаційними елементами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chris A. Mack, Fundamental Principles of Optical Lithography: The Science of Microfabrication , John Wiley & Sons, (London: 2007). Hardback ISBN: 0470018933; Paperback ISBN: 0470727306
2. Michael R. Schmidt, Phillip Flanigan, David Thibault, "Photomask repair using an advanced laser-based repair system (MARS2)," Proc. SPIE 4889, 22nd Annual BACUS Symposium on Photomask Technology, (27 December 2002); <https://doi.org/10.1117/12.467505>
3. Tod Robinson, Jeff LeClaire, "Ultrashort pulse laser repair of photomasks for advanced lithography technologies," in Proc. SPIE 10810, Photomask Technology, 1081009 (2018).
4. Tod Robinson and Jeff LeClaire "Advanced laser repair of EUV photomasks", Proc. SPIE 11178, Photomask Japan 2019: XXVI Symposium on Photomask and Next-Generation Lithography Mask Technology, 111780K (27 June 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2534759>

ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ МАГНІТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ ТА ВМІСТУ ФЕРОМАГНІТНИХ ДОМІШОК У ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБКАХ МАГНІТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Властивості наноматеріалів обумовлюють їх використання у різних галузях науки і техніки. Вуглецеві нанотрубки використовуються для польових емітерів, наповнювачів нанорозмірних пристроїв. Дослідження магнітних властивостей дозволяє виявити нові ефекти, які притаманні тільки наноструктурам. Так в праці [1] виявлено, що незначні зміни магнітного поля приводять до значної зміни електричного опору наноплівки. Цей ефект «магнітного опору» знайшов практичне застосування [2] у виробництві жорстких комп'ютерних накопичувачів інформації. Вуглецеві нанотрубки є окремою самостійною формою вуглецю, властивості якої принципово відрізняються від властивостей вуглецю в інших станах. Вуглецеві нанотрубки представляють великий інтерес, як реальні природні одновимірні об'єкти, в яких відношення довжини до діаметру може складати 10^5 . Сучасні технології дозволяють отримувати одношарові нанотрубки з діаметром 10-20 нм. Залежно від типу симетрії трубок, вони можуть бути металами або напівпровідниками, причому магнітне поле впливає на величину щільності між валентною зоною і зоною провідності.

Важливим параметром, що характеризує магнітні властивості нанотрубок, є магнітна сприйнятливість. Для вимірювання магнітної сприйнятливості використовували розроблене магнітометричне обладнання, яке являло собою автоматизовані терези Фарадея (рис. 1).

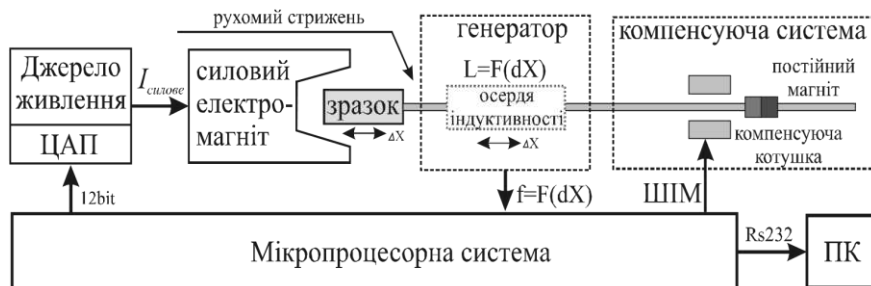


Рисунок 1 – Функціональна блок-схема установки для автоматичного управління процесом вимірювання магнітної сприйнятливості.

Чутливість виміру величини χ становила 10^{-9} м³/кг, а відносна похибка даного методу не перевищує 2-3%.

Для визначення відсоткового вмісту феромагнітних включень використовувалася методика за аналогією [3] і визначали залежність $\chi = f(1/H)$ загальної питомої магнітної сприйнятливості зразка в сильному магнітному градієнтному полі напруженістю до $8 \cdot 10^5$ А/м.

Кількість феромагнітної α -фази в об'ємних відсотках визначали за формулою:

$$P_{\alpha} = \frac{(\chi - \chi_{\infty}) \cdot H}{\sigma_{\alpha}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де σ_{α} – питома намагніченість феромагнітної домішки; χ – загальна питома магнітна сприйнятливість зразка; χ_{∞} – результуюча питома магнітна сприйнятливість; H – напруженість магнітного поля.

Для дослідження використовувались вуглецеві нанотрубки у вигляді порошку, отримані на підприємстві «ТМ Спецмаш» методом каталітичного піролізу вуглеводнів і які містять феромагнітні домішки. Насипна густина: 0,3 кг/м³, вигляд – чорний порошок. Матеріал чутливий до вологості повітря.

Проведені практичні виміри показали, що результуюча питома магнітна сприйнятливість $\chi_{\infty} = 3,9 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Кількість феромагнітної фази $P_{\alpha} = 0,35$ %. Методом екстраполяції $P_{\alpha} \rightarrow 0$ [4] знайдено значення питомої магнітної сприйнятливості матриці (відсутні феромагнітні кластери) неочищених вуглецевих нанотрубок $\chi_0 = 1,28 \cdot 10^{-8}$ м³/кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пеленський Р.А. Магнітні властивості наноструктур / Р.А. Пеленський // Фізика і хімія твердого тіла. – 2010. – Т. 11. – № 1. – С. 130-133.
2. Tsymbal E.Y. Perspectives of gigant magnetoresistance / E.Y. Tsymbal, D.G. Pettifor // Solid State Physics. – 2001. – V. 56. – P. 113-237.
3. Сніжної Г.В. Магнітний стан аустеніту сталі 08X20H9Г2Б після криогенної обробки / Г.В. Сніжної, С.В. Бобирь // Фізика і хімія твердого тіла. – 2014. – Т.15. – №4. – С.814-817.
4. Snizhnoi H.V. Formation of strain-induced martensite in chromium–nickel steels of the austenitic class / H.V. Snizhnoi // Materials Science. – 2011. – V. 47. – №3. – P. 363-369. DOI: 10.1007/s11003-011-9404-7.

STRAIN-CAUSED BAND GAP MODULATION IN PHOSPHORENE AS A PROMISING 2D MATERIAL FOR NANO-ELECTRONICS

In the Earth's crust, black phosphorus comprises around 0.1% and forms a layered molecular crystal with giant planar monoatomic P layers, known as lamellae, alongside other P allotropes. Our focus is on phosphorene, a single-layer black phosphorus, a relatively new two-dimensional (2D) material discovered separately by different teams in 2014. Unlike graphene's flat structure, phosphorene has a puckered crystal structure (see Fig. 1(a)–1(d)), making it anisotropic, influencing its electronic, optical, thermal, transport, and mechanical properties [1, 2]. Phosphorene's electronic structure involves a direct band gap but reported calculations range widely from 0.76 eV to 2.31 eV, with experimental values spanning 1.45–2.2 eV [3]. As the phosphorene layers increase, the band gap reduces linearly to values akin to bulk black phosphorus, around 0.31–0.36 eV. Mechanically, phosphorene withstands up to 27–30% strain in uniaxial and 10–13% in shear deformations [4]. That is why it acts as a promising material, akin to graphene, for flexible electronics due to its exceptional mechanical flexibility.

The study is also motivated by the literature inconsistencies in deformation-affected band-gap values, which vary significantly even without strain, and the lack of research on the shearing impact on the band-gap behaviour.

In contrast to our previous phosphorene-related work [5], in the present study we use an alternative approach to include the distance dependence of the hopping parameters on the strain in the tight-binding method.

METHODS OF NUMERICAL STUDY

Tight-Binding Model and Strain-Affected Hoppings

The tight-binding (TB) Hamiltonian incorporates p_z -like orbitals for the five nearest neighbour hopping integrals ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$), as schematically shown in Fig. 1, with summation over phosphorene lattice sites i and j ,

$$\hat{H} = \sum_{i \neq j} \gamma_{ij} c_i^\dagger c_j + \text{H.c.}, \quad (1)$$

where $c_i^\dagger$ and c_j are the electron creation and annihilation operators, respectively. Hamiltonian (1) focuses on a defect-free lattice, assuming equal electron energy across the sites.

The hopping integral values for the strain-free phosphorene can be adopted from the literature. The density of electronic states (DOS) is determined through the Hamiltonian $\hat{H}$ as

$$\rho(E) = \text{Tr}[\delta(E - \hat{H})/S] \quad (1)$$

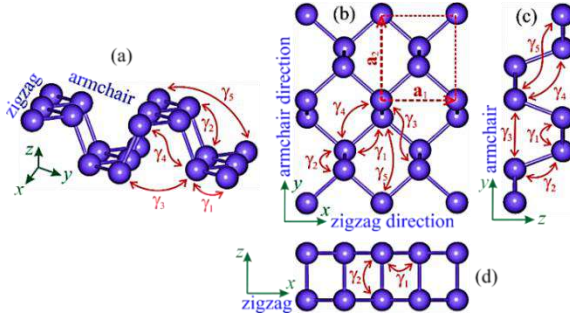


Figure 1 – Black phosphorene crystal lattice: perspective (a), top (b), side (c), (d) views. Dashed rectangle (b) sketches the basic unit cell with the basis translation vectors $\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$. Parameters γ_1 – γ_5 (a)–(d) denote 5 inequivalent hopping integrals for the first 5 nearest neighbour sites. The structure is drawn following the design in [5].

To avoid quadratic computational complexity, we use a numerical method allowing linear scaling. While not delving into the details here, this method is suitable for lattices with millions of atoms. Our model computes a phosphorene lattice of 1300×1000 atoms, approximating a realistic $\approx 450 \times 450 \text{ nm}^2$ sample size that is typical for experiments.

To investigate alterations in the electronic structure of phosphorene due to strain, we examine two deformation types: uniaxial tensile and shear strains, illustrated in Figs. 2(a)–2(b) and 2(c)–2(d), respectively. These strains can be implemented by stretching or shearing along the zigzag direction, as depicted in Figs. 2(a) and 2(c), or the armchair direction, shown in Figs. 2(b) and 2(d). Other directions can be achieved by combining armchair and zigzag orientations.

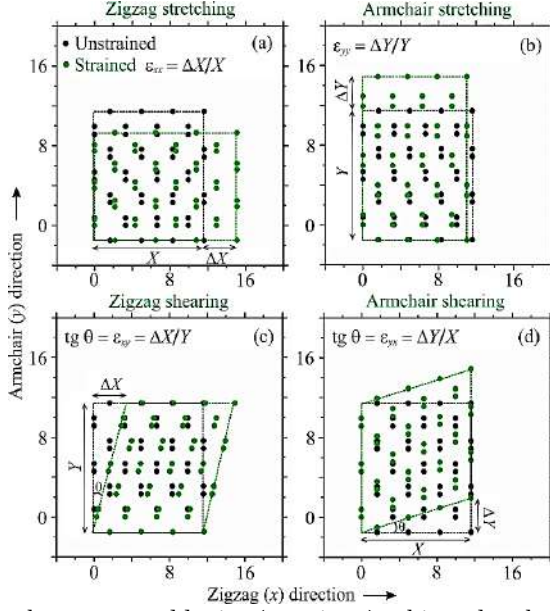


Figure 2 – Phosphorene crystal lattice (top views) subjected to the uniaxial tensile (a)–(b) or shear (c)–(d) strains. To represent the deformation type and direction, we followed the sketch in [5].

To model the strain-induced change in the hopping parameters, we assume the exponential dependence of the hoppings on the P–P bond lengths $l = |\mathbf{R}_{ij}| - |\mathbf{R}_{ij}^0|$:

$$\gamma_{ij}(l) \approx \gamma_{ij}^0 \exp[-\beta(|\mathbf{R}_{ij}|/|\mathbf{R}_{ij}^0| - 1)], \quad (3)$$

where γ_{ij}^0 —hopping of the unstrained lattice, $\mathbf{R}_{ij}^0$ and $\mathbf{R}_{ij}$ —original and modified vectors connecting atoms at i and j sites, and Poisson's ratio can be adopted from the literature; see Table 1 in [5]. Currently, there are no experimental or theoretical data from which the decay rate β can be adopted. Here, we assume $\beta \approx 1.2$, *i.e.* lower than that (≈ 3.37) used for graphene, which is more-less planar in contrast to the buckled phosphorene.

Another, alternative, approach for including the deformation effect on the hopping integrals is based on Harrison's rule definition. The inversely quadratic dependence of the hopping parameters on the bond length, $\gamma(l = |\mathbf{R}_{ij}| - |\mathbf{R}_{ij}^0|) \propto l^{-2}$, acts as an alternative way to model the strain-induced change in the hopping energies. In a linear deformation regime, such an approach leads to

$$\gamma_{ij}(l) \approx \gamma_{ij}^0[(1 - 2/|\mathbf{R}_{ij}^0|)(\alpha_{xx}^{ij}\epsilon_{xx} + \alpha_{yy}^{ij}\epsilon_{yy} + \alpha_{zz}^{ij}\epsilon_{zz} + \alpha_{xy}^{ij}\epsilon_{xy})], \quad (4)$$

where coefficients α depend on the structure of the system at hand. Each of these coefficients corresponds to a certain hopping integral, that certain pair of sites i and j . In our calculations, we adopted values from the literature [5].

First-Principles Calculations

In addition to the previously discussed TB method, we applied an alternative approach to investigate numerically the band gap behaviour of phosphorene: *ab initio* calculations based on density functional theory (DFT). For this purpose, the Quantum Espresso (QE) simulation package [6], an open-source computational framework, was utilized. It employed projector augmented wave (PAW) pseudopotentials within the standard generalized gradient approximations (GGA) for the Perdew–Burke–Ernzerhof (PBE) exchange-correlation functional.

Before the calculations, we conducted a geometry optimization procedure to achieve the relaxed state of the atomic structure. After optimizing the unstrained lattice, the resulting lattice parameters were determined as $|\mathbf{a}_1| = 3.344 \text{ \AA}$ and $|\mathbf{a}_2| = 4.588 \text{ \AA}$, as shown in Fig. 1(b). These values are consistent with earlier theoretical predictions and available experimental results [7, 8].

To avoid the layer interaction in the z -direction, a vacuum space of $22 \text{ \AA}$ was introduced, taking into account the periodic boundary condition. The expansion of electron wave functions utilized plane waves with a kinetic energy cut-off of 34.414 Ry , while the energy cut-off for the charge density was set tenfold higher.

To generate a reciprocal $\mathbf{k}$ -space mesh with dimensions of $10 \times 8 \times 1$, the Monkhorst–Pack method was employed. Lattice parameters were adjusted to model stretching or shearing along different edge directions. The strain magnitude ϵ was defined in correlation with the proportional alteration of the sides (parameters), as depicted in Figs. 2(a)–2(d). After each adjustment in the level of strain, taking into account the specific type and direction of deformation, the structure underwent geometric optimization (relaxation).

The outcomes of first-principles calculations based on density functional theory (DFT) in Fig. 3(a) unequivocally demonstrate that monolayer phosphorene is a semiconductor material with an approximate direct band gap of 0.945 eV at the Γ -point, situated at the centre of the Brillouin zone. This gap magnitude aligns well with the findings of several other GGA/PBE–DFT-based first-principles calculations [4, 9, 10].

The total density of electronic states, based on the tight-binding model, shown in Fig. 3(b), reveals a band gap value of approximately 1.5 eV . This value agrees well with previous experimental findings and first-principles results [3, 4, 11] utilising the Heyd–Scuseria–Ernzerhof (HSE)06 hybrid functional.

It is recognized in the literature that standard PBE-pseudopotential-based DFT calculations lead to an underestimated band gap in the electronic structure of

phosphorene. To address this issue, one can either employ the hybrid HSE06 functional [3, 4, 12] instead of PBE or opt for the so-called GW approximation [7] instead of GGA. Despite the underestimation of the band gap, all these pseudopotentials (PBE, HSE06, and GW) lead to similar characteristics and behaviours of the band gap. This includes their responses to applied tensile or shear strain, as demonstrated in the subsequent subsection.

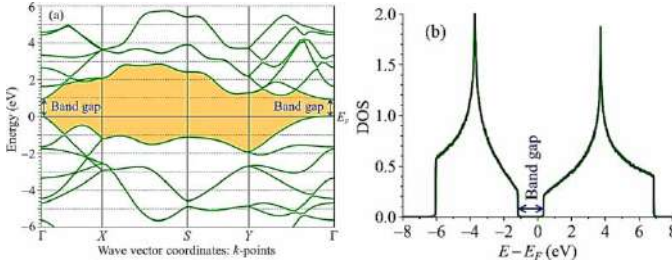


Figure 3 – The phosphorene’s band structure (a) along the high-symmetry points of the 1st Brillouin zone. Total DOS (d) is calculated within the TB model. The shaded region in (a) is an area between the valence band maximum and conduction band minimum with the Fermi level $E_F = 0$.

Figs. 4 and 5 present a comparative analysis of how the band gap evolves under the uniaxial tensile (Fig. 4) and shear (Fig. 5) strains. In these figures, we compare the results of our TB model, which incorporates distant-dependent hoppings (3) or (4), with *ab initio* calculations of other authors using different functionals, primarily PBE or HSE. The TB model demonstrates a linear deformation dependence of the band gap for both types and directions of strain within the considered range (up to 20%, as shown in Figs. 4 and 5). The band gap exhibits a monotonic increase or decrease with the magnitude of stretching (compression), as illustrated in Figs. 4(a) and 4(b). These findings agree with a linear strain-induced variation of the band gap within the multiscale approach at small and moderate strains ($\leq 5\%$), falling within the valid range of the approach. Confirming earlier observations, the band gap experiences a slightly faster linear increase for armchair extension (in Fig. 4(a)) as compared to zigzag extension (in Fig. 4(b)) for both bond-length dependencies of hopping energies (3) and (4).

Figs. 4(a) and 4(b) exhibit a qualitative concurrence between the outcomes derived from our PBE–DFT calculations and those based on either the HSE pseudopotential [3, 11] or GW approximation [7]. Furthermore, there is some quantitative resemblance between our results and the PBE-based findings from other researchers [6, 9]. Regardless of the chosen approximation (GGA or GW) and pseudopotential (PBE or HSE06), the nonmonotonic evolution of the band gap with applied stretching along the zigzag or armchair direction is evident in the first

principles calculations. The presence of this non-monotonic behaviour is consistent with analogous findings in other DFT computations but disagrees with the linearity suggested by TB calculations for both relationships (3) and (4). The nonmonotony is attributed to the contributions of atomic orbitals (s , p_x , p_y , p_z): they overlap and hybridize close to the Fermi level which cannot be observed in the total DOS curves within the TB model.

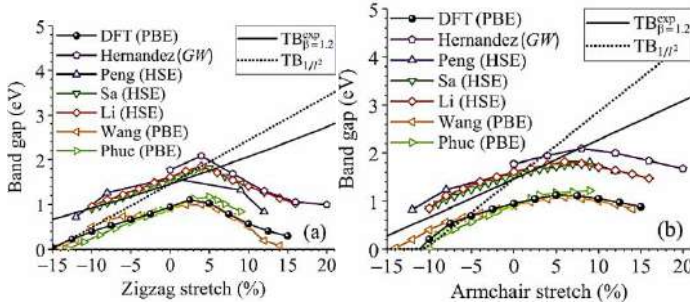


Figure 4 – The band gap vs. the uniaxial tensile strains along the zigzag (a) and armchair (b) directions calculated within the tight-binding (TB) model (black solid and dotted straight lines) and density functional theory (DFT) method (black circle). For comparison, the numerical findings of other authors are adapted and re-plotted in the same sequence as in [5]. Here, open down-pointed triangle ∇ —Sa *et al.* [3]; open right-pointed triangle $\triangleright$ —Phuc *et al.* [7]; pentagon $\square$ —Hernandez *et al.* [8]; open left-pointed triangle $\triangleleft$ —Wang *et al.* [9]; open up-pointed triangle $\triangle$ —Peng *et al.* [11]; rhombus $\diamond$ —Li *et al.* [12]. The solid and dotted lines for TB model refer to different hopping replacements: exponential (3) with $\beta = 1.2$ and inversely quadratic (4) respectively.

In Figs. 5(a) and 5(b), a progressive decrease in the band gap is evident when subjected to shear strain along the same principal edge directions. Quantitative distinctions, rather than qualitative ones, are more or less observed among different models: TB using exponential (3) or inversely quadratic (4) hoping replacement and DFT employing PBE or HSE functionals. As expected, the band gap curves are lower for the PBE approach compared to those within the HSE approach and the TB model.

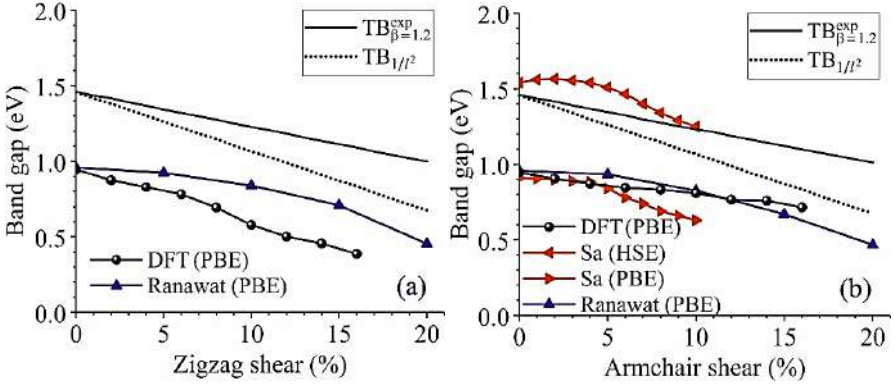


Figure 5 – The same as in the previous figure, but for the shear strains along the zigzag (a) and armchair (b) directions calculated within the TB model (black solid and dotted straight lines) and DFT method (black circle). The adapted numerical findings are replotted in the same sequence as in [5], where the filled left-pointed $\blacktriangleleft$ and right-pointed $\blacktriangleright$ triangles—Sa *et al.* [4]; the filled up-pointed triangle $\blacktriangle$ —Ranawat *et al.* [9]. The solid and dotted lines for the TB model relate to the exponential (3) with $\beta = 1.2$ and inversely quadratic (4) hopping replacements.

Both the TB and DFT methods affirmed the potential conversion of unstrained phosphorene's semiconductor properties into semi-metallic ones. Single-axial extension (compression) resulted in an increased (decreased) band gap in the TB model, while shear deformation gradually diminished the gap over a broad strain range (up to 20%). Notably, there were distinctions in the underestimated gap values for PBE-DFT in comparison to TB and HSE-DFT in both TB and DFT calculations. In contrast to the TB model, including two dependences of the hoppings on the bond length, (3) and (4), the *ab initio* calculations lead to the nonmonotonic single-axial tensile deformation dependence of the band gap. The nonmonotony is attributed to the overlapping and hybridization of atomic orbitals close to the Fermi level and cannot be detected in the total DOS extracted from the TB model. Such results, when the TB calculations are in good agreement with one set of existing experimental results, over a limited strain range, while the DFT calculations are in better agreement with another set of data, require additional analysis and study to address the adequate recommendations on the application of the findings. The decay rate parameter β in (3) may vary and strongly affect the strain-dependent band-gap behaviour. As follows from the literature, the Poisson's ratio is found to vary in different literature sources; moreover, it is not a constant (as we used here for the phosphorene), but can vary (even nonmonotonically) with the applied strain depending on its direction. This can contribute to a clear understanding of some

discrepancies between the TB- and DFT-based results and may even adequately explain them.

REFERENCES

1. A. Carvalho, M. Wang, X. Zhu, A. S. Rodin, H. Su, and A. H. Castro Neto, Phosphorene: from theory to applications, *Nature Rev. Mater.*, vol. 1, article no. 16061, 2016.
2. G. Solomenko, R. M. Balabai, T. M. Radchenko, and V. A. Tatarenko, Functionalization of quasi-two-dimensional materials: chemical and strain-induced modifications, *Prog. Phys. Met.*, vol. 23, no. 2, p. 147 (2022).
3. B. Sa, Y.-L. Li, J. Qi, R. Ahuja, and Z. Sun, “Strain engineering for phosphorene: the potential application as a photocatalyst”, *J. Phys. Chem. C*, vol. 118, no. 46, p. 26560, 2014.
4. B. Sa, Y.-L. Li, Z. Sun, J. Qi, C. Wen, and B. Wu, “The electronic origin of shear-induced direct to indirect gap transition and anisotropy diminution in phosphorene”, *Nanotechnology*, vol. 26, no. 21, p. 215205, 2015.
5. G. Solomenko, I. Y. Sahalianov, T. M. Radchenko, and V. A. Tatarenko, “Straintronics in phosphorene via tensile vs shear strains and their combinations for manipulating the band gap”, *Sci. Rep.*, vol. 13, p. 13444, 2023.
6. P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini et al., “Quantum Espresso: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials”, *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 21, no. 39, p. 395502, 2009.
7. H. V. Phuc, N. N. Hieu, V. V. Ilyasov, T. T. Le Phuong, C. V. Nguyen, “First principles study of the electronic properties and band gap modulation of two-dimensional phosphorene monolayer: effect of strain engineering”, *Superlatt. Microstruct.*, vol. 118, p. 289, 2018.
8. J. M. Hernandez, J. Guerrero-Sanchez, H. N. Fernandez-Escamilla, G. Hernandez-Cocolezzi, and N. Takeuchi, “First-principles studies of the strain-induced band-gap tuning in black phosphorene”, *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 33, no. 17, p. 175502, 2021.
9. Y. S. Ranawat and R. Jain, “Effect of shear strain on band structure and electronic properties of phosphorene”, *arXiv.1512.05392*, 2015.
10. C. Wang, Q. Xia, Y. Nie, and G. Guo, “Strain-induced gap transition and anisotropic Dirac-like cones in monolayer and bilayer phosphorene”, *J. Appl. Phys.*, vol. 117, no. 12, p. 124302, 2015.
11. X. Peng, Q. Wei, and A. Copple, “Strain-engineered direct-indirect band gap transition and its mechanism in two-dimensional phosphorene”, *Phys. Rev. B*, vol. 90, no. 8, p. 085402, 2014.
12. Y. Li, S. Yang, and J. Li, “Modulation of the electronic properties of ultrathin black phosphorus by strain and electrical field”, *J. Phys. Chem. C*, vol. 118, no. 41, p. 23970, 2014.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС РЕЄСТРАЦІЇ ТА ОБРОБКИ СПЕКТРІВ ВТОРИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вторинне випромінювання (ВВ) містить у собі процеси фотолюмінесценції, комбінаційного розсіювання світла та нелінійні оптичні процеси.

Спостереження і обробка спектрів вторинного випромінювання об'єктів вивчення широко використовується у фізичних, хімічних, медичних та біохімічних дослідженнях. При їх проведенні, як правило, отримують спектри ВВ за допомогою спеціальних програмно-апаратних комплексів (ПАК).

У склад типового ПАК входить цифровий спектрометр. У багатьох випадках, компанії, які виготовляють спектральне устаткування, поставляють цифрові спектральні прилади та комп'ютерні програми для їх використання (програмне забезпечення) у комплекті. У той час таке програмне забезпечення (ПЗ) може не включати необхідних для досліджень процедур обробки спектральних даних.

При цьому розробка програмно-апаратних комплексів для реєстрації та дослідження спектрів ВВ об'єктів вивчення за допомогою ПЗ, яке включає різноманітні процедури роботи з цифровими спектральними даними, є актуальною проблемою.

У даній роботі створено ПАК для реєстрації та дослідження спектрів вторинного випромінювання об'єктів вивчення. Його апаратна частина має наступні основні вузли:

- лазери з довжиною хвилі випромінювання 405 нм і 532 нм;
- інтерференційні та абсорбційні світлофільтри;
- набір світлодіодів (СД) з випромінюванням у видимому діапазоні довжин хвиль, також ультрафіолетові СД;
- цифровий оптоволоконний спектрометр BTC-110S;
- кварцовий світловод SUN400;
- персональний комп'ютер.

Програмою частиною ПАК являється модифікована комп'ютерна Java-програма DS_Complex [1]. Вона використовується для управління реєстрацією спектрометром спектрів ВВ в однократному, багатократному або безперервному режимі (з можливістю усереднення), а також кількісного порівняння і додаткової обробки (за допомогою арифметичних операцій) спектральних даних об'єктів дослідження.

На рис. 1, як приклад, зображені спектри ВВ (залежності $J(\lambda)$, де J – спектральна інтенсивність, λ – довжина хвилі), деіонізованої води та розчину в неї напою Pepsi, які збуджувалися випромінюванням лазера з довжиною хвилі $\cong 405$ нм та були отримані за допомогою ПАК.

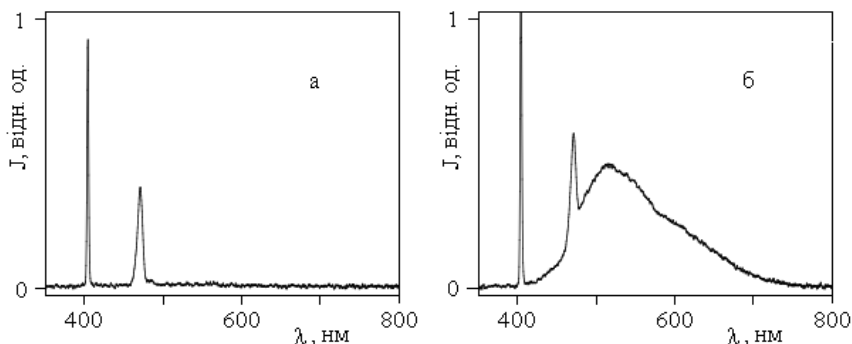


Рисунок 1 – Спектр вторинного випромінювання з лінією збудливого випромінювання для демінералізованої (деіонізованої) води – а, спектр ВВ розчину Pepsi у воді – б. Склад розчину 1:50, де 1 – Pepsi

Як видно з рис. 1, на спектрах об'єктів дослідження на довжині хвилі порядку 470 нм, у вигляді лінії, спостерігається прояв комбінаційного розсіювання світла на валентних коливаннях груп ОН молекул H_2O . У той час, спектр вторинного випромінювання розчину тонізуючого напою у воді містить також широкую полосу фотолюмінесценції з максимумом інтенсивності в області 520 нм. Вона зумовлена, зокрема, барвником та харчовими флуоресцентними наночастками з середнім розміром 4,7 нм, які входять до складу Pepsi [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Точилін С.Д. Прикладне програмне забезпечення для оптоволоконного цифрового спектрометра BTC-110S / С.Д. Точилін // Технічні науки та технології. № 3 (21), 2020. С. 154-162.
2. Li S, Fluorescent nanoparticles present in Coca-Cola and Pepsi-Cola: hysiochemical properties, cytotoxicity, biodistribution and digestion studies / S. Li, C. Jiang, H. Wang, S. Cong, M. Tan // Nanotoxicology, Vol, 12, Issue 1, 2018. Pp. 1-14.

PYTHON-ПРОГРАМА МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО РОЗСІЮВАННЯ СВІТЛА У ГЕТЕРОГЕННІЙ СИСТЕМІ РІДИНА- НАНОЧАСТКИ

У наш час інтенсивно досліджуються об'єкти нанofізики. З цією метою, зокрема, використовують динамічне розсіювання світла (ДРС), яке дозволяє визначати розмір нанооб'єктів.

Розробка програм для обробки даних ДРС та його моделювання є актуальною задачею. У роботі [1] було виконано моделювання ДРС на наночастках за допомогою комерційної платформи програмування та розрахунків MatLAB. У той час, мова програмування Python, яка вільно розповсюджується, має API, що дозволяє також вирішити цю задачу.

У даній роботі було поставлене завдання розробити Python-програму моделювання динамічного розсіювання світла у гетерогенній системі рідина-наночастки.

При спостереженні ДРС на наночастках в рідині флуктуації інтенсивності розсіяного світла формують на фотодетекторі сигнал, тимчасові зміни якого обумовлені броунівським рухом часток.

Рух частки у одному вимірі може бути визначений виразом [1]:

$$x_i = x_{i-1} + w_i \sqrt{2D\Delta t}, \quad (1)$$

де x_i - нова позиція, відносно попередньої x_{i-1} , D - коефіцієнт дифузії, w_i - випадкове число з нормального розподілу із нульовим середнім та одиничною дисперсією, Δt - проміжок часу між зайняттям позицій x_i і x_{i-1} . Значення D визначається на основі рівняння Ейнштейна-Стокса:

$$D = k_B T / (6\pi\eta R), \quad (2)$$

де k_B - постійна Больцмана, T - температура, η - динамічна в'язкість рідини, R - гідродинамічний радіус.

У декартовій системі координат, електричне поле E при розсіюванні світла N частками, відповідно до [1], має вигляд:

$$E = E_0 \sum_{i=1}^N \exp(2j\pi n(x_i + z_i)/\lambda), \quad (3)$$

де E_0 - амплітуда, j - мнима одиниця, n - показник заломлення рідини, x, z - позиції окремої частки в об'ємі, що розсіює світло, λ - довжина хвилі випромінювання. ДРС спостерігається уздовж осі y .

При цьому інтенсивність світла I , що реєструється фотодетектором, визначається виразом:

$$I = E \cdot E^*, \quad (4)$$

де E^* - комплексно сполучена величина E .

На рис. 1, як приклад, зображено вікно розробленої Python-програми з результатом моделюванні ДРС у системі вода-наночастки. При роботі додатка величини N , Δt , T , η , R , E_0 , n і λ приймали значення, 100, 10^{-5} с, 293 K, $0.001002 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$, $2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, 1 В/м, 1.33, $633 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, відповідно.

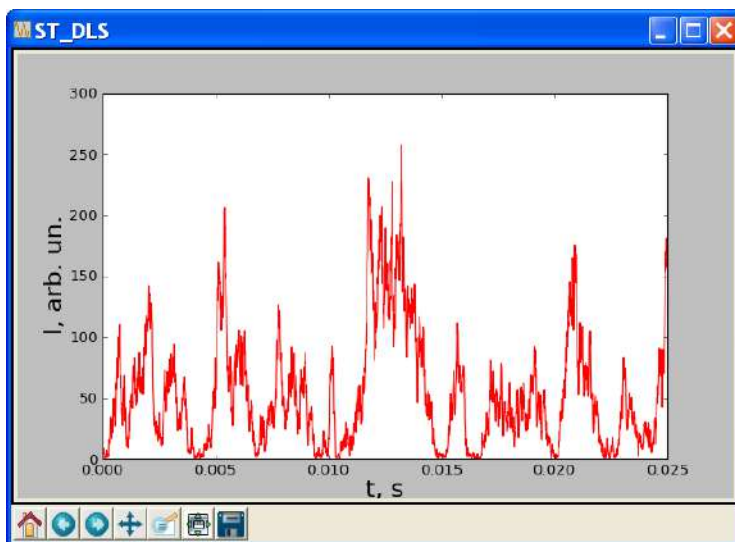


Рисунок 1 – Вікно Python-програми з результатом моделювання динамічного розсіювання світла у системі вода-наночастки за проміжків часу $t = 2,5 \cdot 10^{-2}$ с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mullen R. Simulation of light scattering from Brownian particles [Електронний ресурс] / R. Mullen. – Режим доступу: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1121&context=phypssp>.

ПРОГРАМА РІШЕННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОВАЖЕРА

У зв'язку з інтенсивним розвитком транспортної логістики [1], актуальною задачею є розробка комп'ютерних програм, які автоматизують процес знаходження оптимальних маршрутів руху і мають графічний інтерфейс користувача. У роботі розроблена Java-програма ST_Traveling для знаходження оптимальних транспортних маршрутів шляхом рішення задачі комівояжера за допомогою генетичного алгоритму (ГА).

Додаток має графічний інтерфейс користувача. Вікно програми з оптимальним маршрутом авіасполучення для міст з таблиці «Cities» зображене на рис. 1.

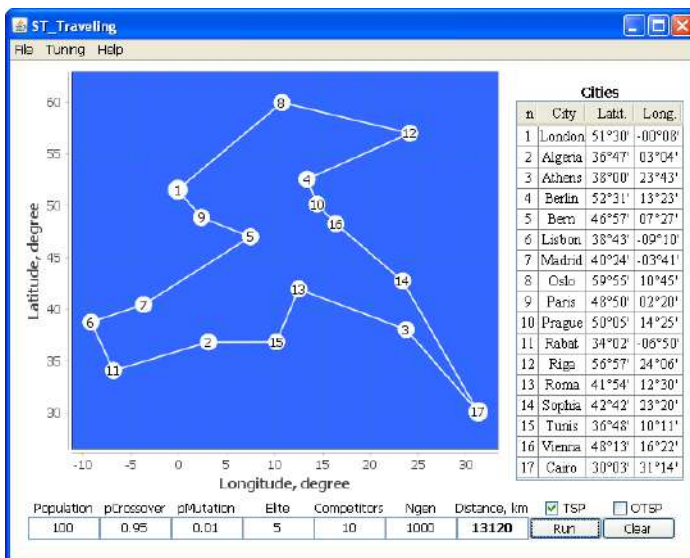


Рисунок 1 – Вікно програми після знаходження маршруту авіасполучення.

На початку роботи із програмою, за допомогою меню «File», дані міст маршруту, завантажувалися з *.csv файлу та заповнювали таблицю «Cities». Потім у полях вводу «Population», «pCrossover», «pMutation», «Elite», «Competitors», «Ngen» розміщалися робочі параметри додатка, вони визначали розмір популяції, імовірності схрещування та мутації неелітних хромосом у поколінні, число елітних осіб, кількість хромосом у турнірі

відбору, число поколінь популяції, відповідно. Прапорці «TSP» і «OTSP» дозволяли вибрати замкнутий або незамкнутий варіант рішення задачі комівояжера на основі ГА. Поле вводу «Distance, km» призначалося для індикації довжини маршруту.

Програма запускалася при натисканні на кнопку «Run». Для видалення знайденого маршруту використовувалася кнопка «Clear».

На рис. 1 зображений маршрут авіасполучення для міст із таблиці «Cities», знайдений при рішенні замкнутого варіанта задачі комівояжера. На рис. 2 - маршрут, знайдений при рішенні незамкнутого варіанта задачі.

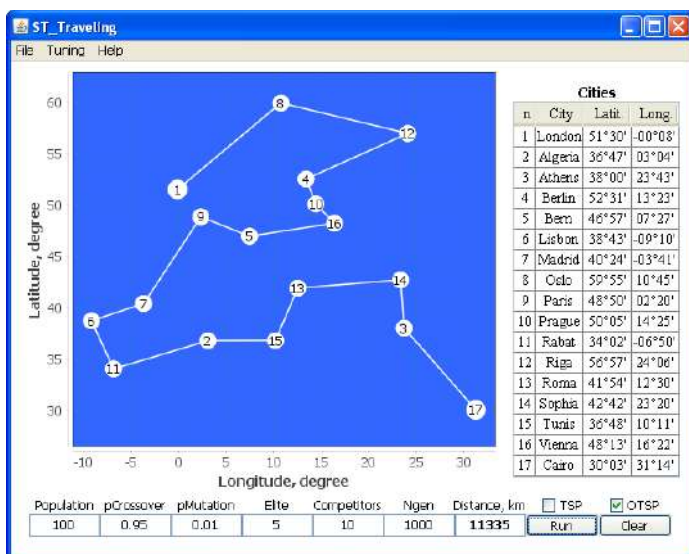


Рисунок 2 – Вікно програми з оптимальним маршрутом Лондон-Каїр.

При цьому початковий і кінцевий пункт маршруту відповідає містам з першого та останнього рядка таблиці «Cities».

При зміні записів у цих рядках, у випадку завантаження файлів з оновленими даними, відповідно міняється, як початковий, так і кінцевий пункт авіамаршруту.

На рис. 3 зображений оптимальний маршрут авіаперельоту між Парижем і Афінами, знайдений при рішенні незамкнутого варіанта задачі комівояжера.

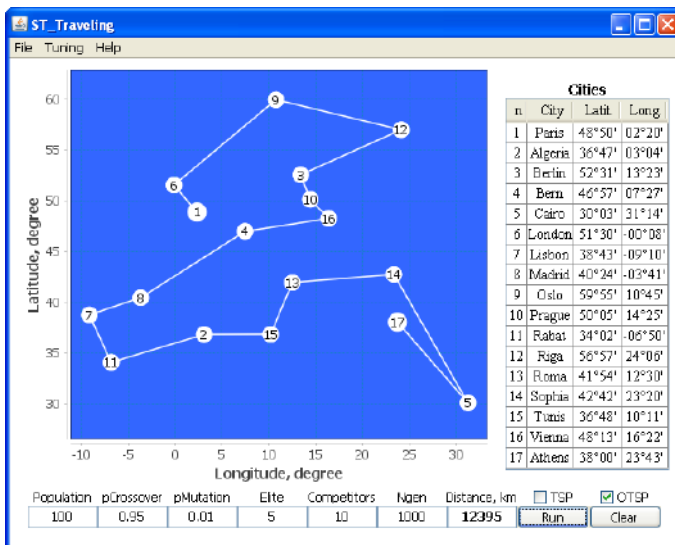


Рисунок 3 – Вікно програми з оптимальним маршрутом Париж-Афіни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смирнов І.Г. Транспортна логістика. Навчальний посібник. / І.Г. Смирнов, Т.В. Косарева. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 224 с.

УДК 004.4

Точилін С.Д.¹

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

JAVA-ДОДАТОК ОБРОБКИ ДАНИХ ВИМІРІВ

Вивчення явищ навколишнього світу тісно пов'язане з вимірами різних фізичних величин. При цьому актуальним є задача розробки кросплатформних комп'ютерних програм, які автоматизують процес обробки експериментальних даних і мають графічний інтерфейс користувача.

У даній роботі розроблена кросплатформена комп'ютерна Java-програма ST_Measurement для обробки даних багаторазових прямих і невідтворених непрямих вимірів.

Додаток мав графічний інтерфейс користувача. На початку роботи, за допомогою меню «File», дані вимірів завантажувалися з *.csv або *.txt файлу й заповнювали таблицю «Data», Потім, при використанні списку «α», що

розкривається, установлювалося значення рівня значимості α ($\alpha = 1 - P$), де P - довірна ймовірність), що застосовувалася при аналізі.

У той час, за допомогою списку «N», що розкривається і редагується, установлювалося число інтервалів розбивки даних вимірів при побудові гістограми. За замовчуванням були значення від 3 до 10. Також у списку був запис «Auto», у випадку його установки програма знаходила максимально можливе число інтервалів для побудови гістограми з дотичних стовпців у яких значення висоти (відносної частоти F) не дорівнює нулю.

Запуск обробки даних здійснювався при натисканні на кнопку «Calculation».

При цьому програма за допомогою критерію Шапіро-Уїлка. перевіряла відповідність розподілу даних нормальному. Для цього розраховувалися W - статистика та її ймовірність p , які ініціалізували поля вводу «W Statistic» і «p-value W», відповідно.

У випадку якщо дані мали нормальний розподіл ($\alpha < p$), у полях вводу цифри W - статистики і ймовірності p мали чорний колір, у протилежному випадку – червоний.

Також програма для величини X , що вимірювалась, визначала середнє арифметичне значення $\bar{X}$, стандартне відхилення σ , вибіркове стандартне відхилення S , коефіцієнт Стюдента t , погрішність вимірів ΔX .

Після розрахунків величини σ , S і t розміщалися в полях вводу «Std. Dev», «SEM» та «t-value», відповідно, а знайдене значення X і його ймовірність P розміщалися в полі вводу «Measurable Value X» у вигляді $\bar{X} \pm \Delta X$, $P = 1 - \alpha$. При цьому для вихідних даних у графічному вигляді відображалася залежність нормального розподілу (крива Гауса) $f(X)$ та гістограма (її число інтервалів з'являлося в полі вводу «NG»).

Для тестування програми за допомогою штангенциркуля було проведено 11 вимірів ширини корпусу радіоелектронної апаратури. Вікно програми ST_Measurement після обробки результатів цих вимірів зображене на рис. 1.

Як видно із цього рисунка, розподіл даних вимірів відповідав нормальному.

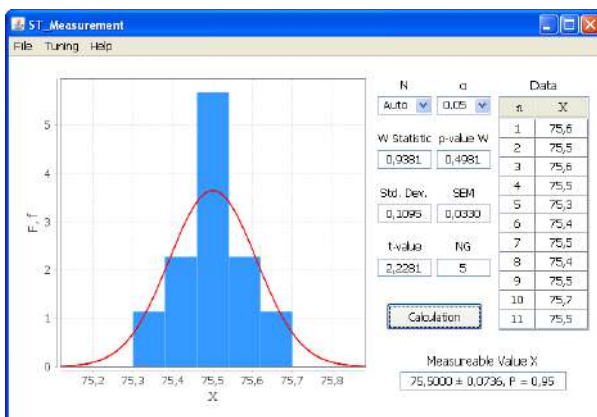


Рисунок 1 – Вікно програми після обробки даних вимірів.

Надалі передбачається модифікувати Java-додаток ST_Measurement, зокрема, при проведенні аналізу даних багаторазових прямих і невідтворених непрямих вимірів на нормальність їх розподілу, додатково використовувати критерій Колмогорова-Смирнова.

УДК 004.4

Точилін С.Д.¹

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ СПІВВІДНОШЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТЕЙ c_p/c_v ДЛЯ ГАЗІВ»

У зв'язку з широким впровадженням дистанційної освіти розробка навчальних віртуальних лабораторних робіт є актуальною задачею. Її вирішують, зокрема, за допомогою мови програмування Java.

На основі Java, розроблена віртуальна лабораторна робота (ВЛР) «Визначення величини співвідношення теплоємностей c_p/c_v для газів», яка імітує реальну роботу з фізичного практикуму НУ «Запорізька політехніка» і має графічний інтерфейс користувача.

Вікна Java-програми ST_ c_p/c_v при виконанні досвіду визначення значення $\gamma = c_p/c_v$ для сьомого варіанта зображені на рис. 1, 2.

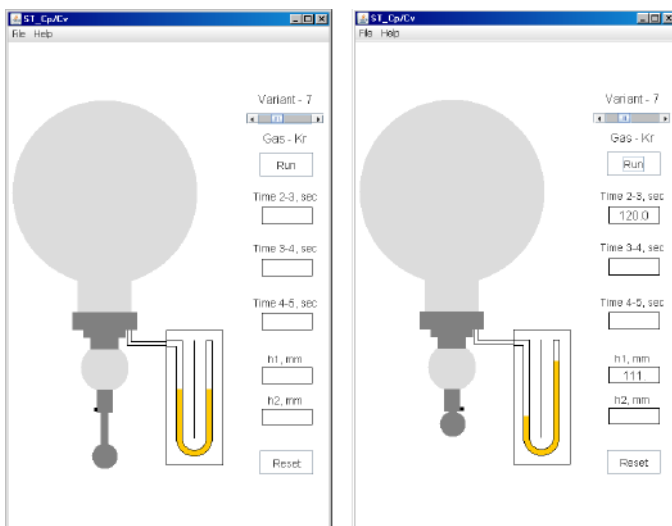


Рисунок 1 – Вікна ВЛР при виконанні перших етапів досвіду.

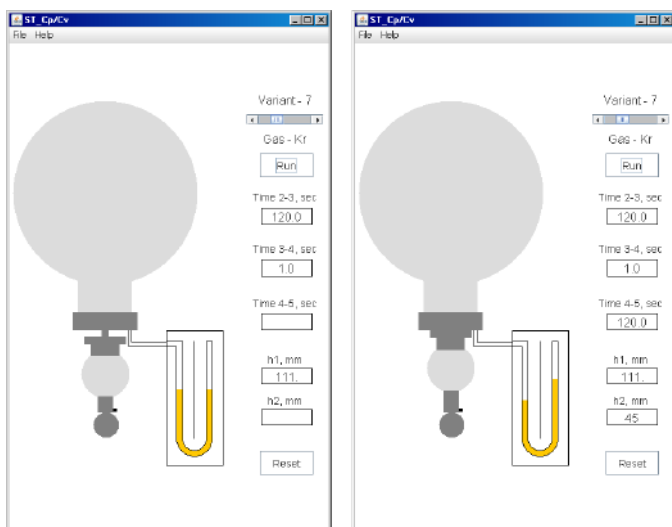


Рисунок 2 – Вікна ВЛР при виконанні останніх етапів досвіду.

На рисунках, через зменшення розміру вікон програми, не наведені вказівки для виконання роботи. На початку виконання ВЛР студент за допомогою смуги прокрутки вибирає свій варіант з відповідним газом. Після

натискання на кнопку «Run» запускається автоматичне виконання роботи. Активація кнопки «Reset» приводить її у вихідний стан.

ВЛР при функціонуванні імітує 4 фізичні процеси. Перший з них протікає дуже швидко в колбі установки при натисканні на її шток (обумовлює максимальні показання тиску рідинного манометра). Другий процес - ізохорне охолодження газу (час протікання $t = 120$ с, показання манометра P поступово зменшуються до h_1). Третій - адіобатне розширення ($t = 1$ с, $P = 0$), процес протікає при відкритому клапані установки. Четвертий - ізохорне нагрівання газу ($t = 120$ с, P зростає до h_2). Потрібне випадкове значення γ знаходять з виразу: $\gamma = h_1(h_1 - h_2)^{-1}$.

Алгоритм програми ST_Cp/Cv може бути використаний для реалізації подібної роботи на інших мовах програмування. Зокрема при його застосуванні була створена аналогічна ВЛР на JavaScript та HTML5.

УДК 621.311.1

Шило С.І.¹, Коротун А.В.^{2,3}

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ с.н.с. ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України

ПІДСИЛЕННЯ ФОТОСТРУМУ В ТОНКОПЛІВКОВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ В НАПІВПРОВІДНИК МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК

Тонкоплівкові сонячні елементи внаслідок їх низької вартості вважаються альтернативою звичайним сонячним елементам (пластинам моно- або полікристалічного кремнію). Проте, технічні можливості тонкоплівкових елементів внаслідок слабого поглинання видимого світла є сильно обмеженими. Впровадження металевих (плазмонних) наночастинок у поглинаючий шар таких сонячних елементів дозволяє підвищити ефективність поглинання світла сонячними елементами внаслідок збудження поверхневого плазмонного резонансу. Також впровадження металевих наночастинок має наслідком підсилення фотоструму в окремих комірках сонячних елементів. Дослідженню цього явища присвячені роботи [1]. Проте, треба відмітити, що у цитованих роботах не враховувалася частотна залежність втрат енергії в плазмонних наночастинках. Тому задача розрахунку підсилення фотоструму в сонячних елементах з коректним врахуванням всіх механізмів релаксації у впроваджених наночастинках є актуальним.

Розглянемо поглинаючий шар тонкоплівкового сонячного елемента, в який впроваджено сферичні металеві наночастинки радіусом R . Підсилення

струму у фотокомірці за рахунок збудження поверхневого плазмонного резонансу визначається співвідношенням

$$\frac{I_m(\omega)}{I(\omega)} = 1 + \frac{3\beta C_0 R^3}{16\sqrt{2}\hbar} \frac{\omega^2 \mathcal{A}_f^2(\omega)}{(\hbar\omega - \Delta E_g)^{1/2}} \frac{m_p^*}{m_n^*} (m_n^* + m_p^*)^{3/2}, \quad (1)$$

де m_n^* і m_p^* – ефективні маси електронів і дірок; ΔE_g – ширина забороненої зони; β – відносна площа контакту металевої наночастинки з матеріалом сонячного елемента;

$$C_0 = \frac{4\pi R^3}{3} \frac{n_s}{H}, \quad (2)$$

де H – товщина тонкоплівкового елемента; n_s – поверхнева густина металевих наночастинок, а амплітудна функція

$$\mathcal{A}_f(\omega) = \frac{\omega_{sp}^2}{\sqrt{(\omega_{sp}^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma_{\text{eff}}^2 \omega^2}}. \quad (3)$$

У формулі (3) ω_{sp} – частота поверхневого плазмонного резонансу, а γ_{eff} – ефективна швидкість релаксації електронів у наночастинці

$$\gamma_{\text{eff}} = \gamma_{\text{bulk}} + \gamma_s + \gamma_{\text{rad}}, \quad (4)$$

де $\gamma_{\text{bulk}} = \text{const}$ для кожного металу, а швидкості поверхневої релаксації та радіаційного загасання

$$\gamma_s = \mathcal{S}(\omega, R) \frac{v_F}{R}, \quad (5)$$

$$\gamma_{\text{rad}} = \frac{V}{6\pi} \sqrt{\frac{\infty + 2}{\epsilon_m}} \left(\frac{\omega_p}{c} \right)^3 \mathcal{S}(\omega, R) \frac{v_F}{R}. \quad (6)$$

У формулах (5) і (6): v_F – ферміївська швидкість електронів; $V = 4\pi R^3/3$ – об'єм наночастинки; ϵ_m – діелектрична проникність речовини сонячного елемента; ω_p – плазмова частота; ∞ – внесок міжзонних переходів у діелектричну функцію, а розмірно-частотна залежність параметру втрати когерентності має вигляд [2]

$$\mathcal{S}(\omega, R) = \frac{3}{4} \frac{1}{\omega^2 + 2\omega_m} \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2 \left[1 - \frac{2v_s}{\omega} \sin \frac{\omega}{v_s} + 2 \left(\frac{v_s}{\omega} \right)^2 \left(1 - \cos \frac{2v_s}{\omega} \right) \right], \quad (7)$$

де $v_s = v_F/2R$ – частота індивідуальних осциляцій електронів.

Частоту поверхневого плазмонного резонансу знайдемо з умови

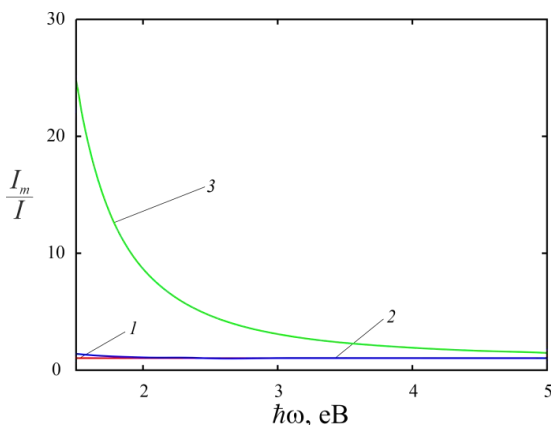
$$\operatorname{Re}(\omega_{sp}) + 2\omega_m = 0, \quad (8)$$

де, згідно моделі Друде

$$\operatorname{Re}(\omega_{sp}) = \omega^2 - \frac{\omega_p^2}{\omega_{sp}^2 + \gamma_{\text{eff}}^2(\omega_{sp})}, \quad (9)$$

а залежність $\gamma_{\text{eff}}(\omega_{sp})$ можна отримати з формул (4) – (7) за умови $\omega = \omega_{sp}$.

Розрахунки підсилення фотоструму при впровадженні в тонкий шар ($H = 1$ мкм) кремнію срібних наночастинок проводилися за формулою (1). Відповідні криві для випадку наночастинок із $R = 10, 25, 50$ нм наведено на рис. 1. Результати розрахунків вказують суттєве підсилення фотоструму у видимій області спектра при впровадженні відносно великих наночастинок, причому це підсилення зменшується зі збільшенням частоти.



1 – $R = 10$ нм; 2 – $R = 25$ нм; 3 – $R = 50$ нм.

Рисунок 1 – Частотна залежність підсилення фотоструму при впровадженні срібних наночастинок різного розміру у шар кремнію товщиною $H = 1$ мкм.

Запропоновано математичну модель для розрахунку підсилення струму в тонкоплівкових сонячних елементах при впровадженні в них сферичних металевих наночастинок внаслідок збудження поверхневого плазмонного резонансу.

Для випадку впровадження срібних наночастинок у тонкий шар кремнію встановлено доцільність використання достатньо крупних плазмонних наночастинок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jacak W.A. Quantum Nano Plasmonics. Cambridge University Press, 2020. – 320 p.
2. Korotun A.V., Moroz H.V., Korolkov R.Yu. // Functional Materials. – 2024. – V. 31. – No 1. – P. 119–127.

4 СЕКЦІЯ «КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ, БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

УДК 004.056

Nelasa Hanna¹, Al-Khamad Nauras²

¹ Candidate of technical sciences, assoc. professor at the NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² Phd student at the NU “Zaporizhzhia Polytechnic”, group A-172.13

ANALYSIS OF POST-QUANTUM MODULE-LATTICE BASED ALGORITHM SELECTED BY NIST

Existing public-key cryptographic schemes, such as the RSA cryptosystem, rely on the difficulty of factoring large numbers into prime factors – a problematic task as the numbers get larger. While computer scientists think that classical computers are practically incapable of factoring integers larger than 2048 bits, researchers have demonstrated that a cryptographically relevant quantum computer could break RSA-2048 in a matter of hours by using Shor's algorithm. If malicious actors were to get access to encrypted data, this could disrupt and harm customer and organizational trust in digital communication, online transactions in retail, digital signatures in finance, and critical infrastructure.

In a landmark announcement, the National Institute of Standards and Technology (NIST) has published its first set of post-quantum cryptography (PQC) standards.

NIST has finalized the following three PQC standards to strengthen modern public-key cryptography infrastructure for the quantum era:

- ML-KEM (derived from CRYSTALS-Kyber) – a key encapsulation mechanism selected for general encryption, such as for accessing secured websites;
- ML-DSA (derived from CRYSTALS-Dilithium) – a lattice-based algorithm chosen for general-purpose digital signature protocols;
- SLH-DSA (derived from SPHINCS+) – a stateless hash-based digital signature scheme.

The ML-KEM standard specifies the Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism [1].

A KEM consists of three algorithms [1]. The three algorithms are:

- a probabilistic key generation algorithm;
- a probabilistic encapsulation algorithm;
- a deterministic decapsulation algorithm.

The purpose here is to review and analyze how this standard can be used for encrypting a message and establishing a shared private key between two parties.

At the start we have two parties: Alice and Bob who want to form a secure communication.

First, Alice generates public and private keys. In NIST's standard those are called encapsulation and decapsulation keys. This can be done by computing the following equation: $As + e$, where A is a matrix that consists of polynomials, s and e are vectors of polynomials as well. The result would be vector t (fig. 1). Matrix A and vector s are randomly generated and vector e is chosen from noise distribution. After previous computation (A, t) is considered to be the public key (or encapsulation key) of Alice and s is the private key (or decapsulation key).

$$\begin{bmatrix} A \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t \end{bmatrix}$$

$(A, t) - \text{public key}$
 $s - \text{private key}$

Figure 1 – Alice generates public and private keys

Alice then sends the public key to Bob and he chooses his own random polynomial vector r for encryption of the message m . The encryption procedure also uses error vectors e_1 and e_2 . The polynomials within e_1 , e_2 and r are completely random and small, just like the ones in s .

The goal of this procedure is to encrypt message m and send it to Alice. The message m will be used to provide shared private key for secure communication.

Bob encrypts m using the public key (A, t) . The encryption procedure calculates two values (u, v) as follows:

$$u = A^T \cdot r + e_1 \quad (1.1)$$

$$v = t^T \cdot r + e_2 + m \quad (1.2)$$

Now the ciphertext consist of those two values: (u, v) . A polynomial vector u and the polynomial v . Those parameters will be sent to Alice. Now Alice can decrypt (u, v) to obtain the message m by using her private key s .

Given the private key s and a ciphertext (u, v) , the decryption for Alice is straightforward. Alice computes the following:

$$m = v - s^T \cdot u \quad (1.3)$$

Now Alice and Bob should have shared private key to securely communicate with each other.

The NIST's standard of course is more subtle and there are more things to consider. Mostly is the NTT form that polynomials need to be transformed to for

the sake of efficiency when multiplying them. But on the surface, this is kind of how this new algorithm works.

Figure 2 shows a simple view of key establishment between two parties.

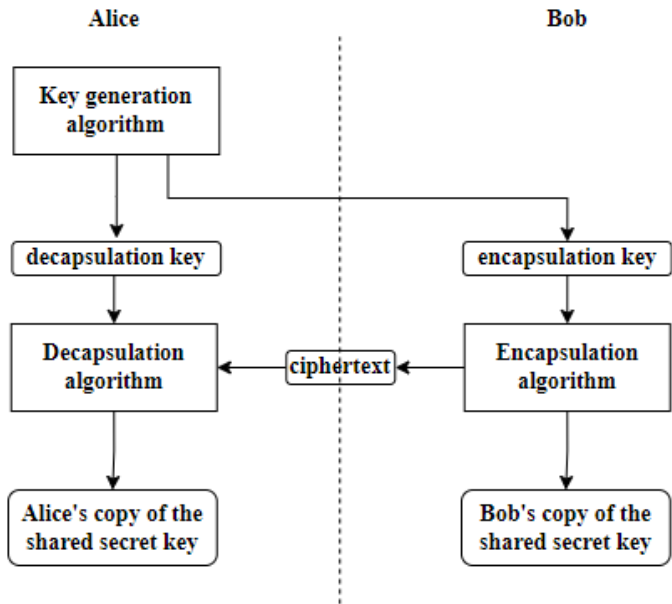


Figure 2 – A simple view of key establishment using KEM

As a result of this work, a new key exchange algorithm ML-KEM was reviewed and analyzed. For now, we can conclude that during the transition to post-quantum cryptography, there is considerable uncertainty regarding the robustness of both existing and new cryptographic algorithms. While we can no longer entirely trust traditional cryptography, we also cannot instantly place complete trust in post-quantum replacements until they have undergone significant scrutiny and real-world testing to uncover and correct potential implementation issues.

REFERENCES

1. National Institute of Standards and Technology (2024) Module-Lattice-Based Key Encapsulation Mechanism Standard. (Department of Commerce, Washington, D.C.), Federal Information Processing Standards Publication (FIPS) NIST FIPS 203. <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.203>

БАГАТОФАКТОРНА АВТЕНТИФІКАЦІЯ ТА ШИФРУВАННЯ В БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖАХ

На даний час, швидке впровадження технологій бездротових мереж передачі даних і їх використання у різних сферах, веде до зростання кількості загроз, які виникають і впливають на параметри безпеки [1]. В мережах, здійснення атак різного функціонального впливу: перехоплення даних; атаки на автентифікацію; перехоплення облікових даних тощо є поширеним. Тому забезпечення надійного захисту інформації в бездротових мережах є досить актуальним питанням, яке передбачає впровадження передових методів та технологій, таких як багатофакторна автентифікація і сучасні методи шифрування [2].

Метою роботи є проведення досліджень, вибір методів, реалізація моделі і впровадження системи захисту бездротових мереж, яка: застосовує багатофакторну автентифікацію; сучасні методи шифрування; підтримує безпечний обмін даними і захищає мережу від несанкціонованого доступу. Об'єктом дослідження є процеси автентифікації та передачі даних у бездротових мережах. Предметом є моделі, методи, технології, стандарти та програмні засоби підвищення рівня безпеки бездротових мереж. Для досягнення основної мети визначено ряд завдань, це:

- проведення аналізу сучасних загроз, які виникають і створюють проблеми користувачам бездротових мереж;

- дослідження існуючих алгоритмів шифрування (AES, RSA) і методів багатофакторної автентифікації, включаючи одноразові коди та біометричні дані;

- реалізація моделі системи, яка поєднує багатофакторну автентифікацію і шифрування, забезпечуючи надійний захист мережі.

Система передбачає застосування декількох рівнів підтвердження та автентифікації, що гарантує підтримку високого рівня безпеки. Багатофакторна автентифікація включає:

- захист першого, початкового рівня автентифікації – вхід за паролем;
- використання одноразових кодів, які генеруються в реальному часі і є дійсними лише протягом короткого проміжку часу. Найчастіше надсилаються на зареєстрований мобільний пристрій або генеруються додатком;

- використання біометричних даних додає ще один рівень захисту, забезпечуючи підтвердження ідентичності за фізичними характеристиками, ускладнюючи несанкціонований доступ до мережі.

Даний метод дозволяє захистити мережеву систему від несанкціонованого доступу навіть у випадку компрометації одного із способів автентифікації. Згідно із даними досліджень компанії Cisco, впровадження багатофакторної автентифікації може знижувати ризики компрометації облікових даних на 99%. А шифрування гарантує, що навіть у випадку перехоплення даних злоумисник не зможе розшифрувати їх без відповідного ключа. Дослідження IBM Security демонструють, що такий підхід знижує ризик втрат від кібератак на 45%.

В подібних системах для шифрування переданих даних, найчастіше використовується алгоритм AES (Advanced Encryption Standard) із довжиною ключа 256 біт і вище [3]. Тому в процесі реалізації системи його обрано як алгоритм, що забезпечує:

- високий рівень захисту: AES-256 вважається одним із найбільш стійких симетричних алгоритмів шифрування і є достатньо надійним для використання в бездротових мережах;

- ефективність: AES підтримує високу швидкість шифрування і дешифрування, що є важливим при обробці даних у реальному часі.

Застосування даного методу гарантує, що інформація, яка передається в бездротових мережах є зашифрованою на всьому шляху її передачі та доступна для розшифрування лише з відповідним ключем.

В системі для обміну ключами застосовується алгоритм RSA. Він є основним для підтримки захищеної передачі ключів і забезпечує:

- захищений обмін ключами між клієнтськими та серверними пристроями, дозволяє передавати симетричні ключі у зашифрованому вигляді;

- автентифікацію сторін, методом використання значної обчислювальної складності та ефективних алгоритмів, зменшуючи ймовірність злому асиметричного ключа.

Запропонована система інтегрує багатофакторну автентифікацію та шифрування на рівні мережевих шлюзів та точок доступу забезпечуючи:

- безпечну автентифікацію користувачів: користувачі повинні пройти кілька рівнів автентифікації для доступу до мережі;

- шифрування всіх переданих даних між користувачами та мережею, що гарантує захист інформації на всіх етапах передачі.

На рисунку 1 наведено основні результати, які підтверджують актуальність досліджень щодо методів підвищення безпеки бездротових мереж. Використання багатофакторної автентифікації знижує ризик компрометації облікових даних на 99%, а сучасні методи шифрування

забезпечують конфіденційність даних і знижують втрати, пов'язані з кібератаками [4].

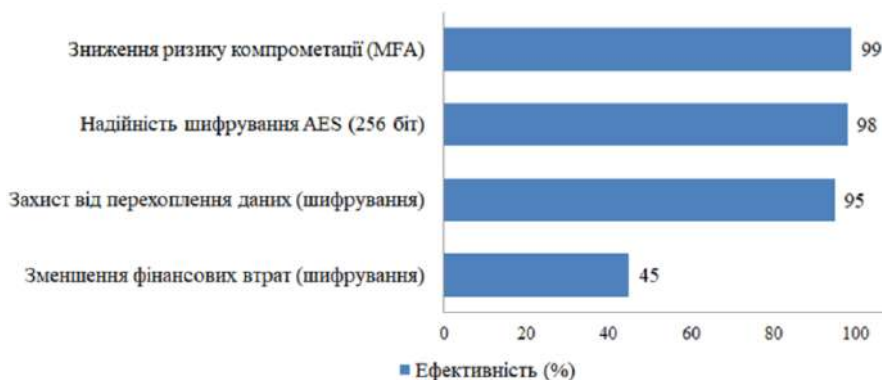


Рисунок 1 – Ефективність багатофакторної автентифікації та шифрування

Впроваджена система, яка поєднує багатофакторну автентифікацію та шифрування, демонструє свою ефективність при вирішенні завдань захисту бездротових мереж. Застосування наведених методів підвищує рівень безпеки, забезпечуючи автентифікацію і конфіденційність, що дозволяє знизити ризики несанкціонованого доступу та перехоплення інформації в бездротових мережах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kirichek G., Skrupsky S., Tiahunova M., Timenko A., Implementation of web system optimization method. In CMIS-2020: The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27-May1. CEUR Workshop Proceedings 2608, 2020, pp. 199–210.
2. Крівенко С., Ротаньова Н., Лазаревська Ю. Дослідження системи на уразливість до мітм атаки. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка». 2021. Т. 1, № 13. С. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.13.2938>.
3. Network and system security / ed. by J. K. Liu, X. Huang. Cham : Springer International Publishing, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36938-5>.
4. Гальчинський Л. Ю., Корольова В. Р. Оцінка захищеності бездротових мереж у міському середовищі з урахуванням використання протоколів безпеки. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології, 2024, 2(06), 9-21. <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2023-02-06-01>.

МОДЕЛЮВАННЯ ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПРОЄКТУВАННЯ FPGA

Проектування FPGA-плат вимагає комплексного розуміння взаємозв'язків між компонентами та їх характеристиками. Формалізація цих знань у вигляді онтології дозволяє створити основу для розробки експертних систем підтримки прийняття рішень при проектуванні. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю систематизації експертних знань та автоматизації процесу проектування FPGA-плат [1].

Аналіз існуючих рішень показує, що більшість досліджень зосереджена на створенні онтологій для опису архітектури FPGA та проектування цифрових схем [2]. При цьому недостатньо уваги приділяється формалізації знань про фізичні компоненти FPGA-плат та їх взаємозв'язки. Наявні онтології здебільшого описують окремі аспекти проектування, такі як конфігурація FPGA або системи живлення [3].

Невирішеною частиною загальної проблеми є розробка комплексної онтологічної моделі предметної області проектування FPGA-плат, яка б охоплювала як функціональні, так і структурні аспекти та їх взаємозв'язки. Така модель необхідна для створення ефективних експертних систем підтримки прийняття рішень при проектуванні нових FPGA-плат.

При розробці онтологічної моделі предметної області проектування FPGA-плат було застосовано методологію побудови онтологій, що включає етапи ідентифікації понять, визначення властивостей та встановлення зв'язків між ними. В якості інструментарію використано середовище Protégé для створення та валідації онтології.

На етапі концептуалізації було виділено основні класи понять предметної області. Розглянемо базові класи та їх взаємозв'язки, що формують ядро онтології (рис. 1).

В процесі формалізації предметної області було виділено п'ять основних категорій знань: класи понять, предметні властивості, об'єктивні властивості, екземпляри та гіпотези. Для класу "FPGA Board" визначено підкласи за функціональним призначенням - стандартні та міні-плати, що відрізняються набором компонентів та можливостей.



Рисунок 1 - Основні класи онтології FPGA-плати

Ключовим елементом онтології є формалізація властивостей компонентів. Наприклад, для класу "Memory" визначено такі характеристики як "тип пам'яті", "об'єм", "площа", "виводи". В таблиці 1 наведено приклад формалізації предметних властивостей.

Таблиця 1 - Предметні властивості компонентів FPGA-плати

Властивість	Опис	Домен
hasCapacity	Об'єм пам'яті	Memory
hasFrequency	Тактова частота	Clock, FPGA
hasVoltage	Напруга живлення	FPGA board

Важливим аспектом розробленої онтології є формалізація функціональних залежностей між компонентами. На рисунку 2 представлено діаграму взаємозв'язків основних компонентів.

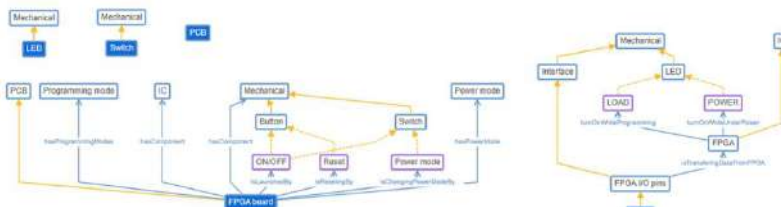


Рисунок 2 – Приклад діаграм взаємозв'язків основних компонентів

В онтології визначено правила та обмеження, що описують логічні залежності між компонентами. Наприклад, відсутність USB роз'єму вимагає наявності роз'єму живлення, а підтримка режиму AS вимагає наявності мікросхеми пам'яті. Формалізовано також кількісні характеристики та параметри компонентів у вигляді атрибутів відповідних класів.

Для валідації розробленої онтологічної моделі було проведено її тестування на прикладах реальних FPGA-лат різних виробників. В таблиці 2 наведено результати перевірки відповідності моделі для різних типів плат.

Таблиця 2 - Результати валідації онтологічної моделі

FPGA-плата	Клас	Підтверджені залежності	Виявлені особливості
DE0	Стандартна	12/12	Не підтримує USB живлення
Basys 3	Стандартна	10/10	Наявні аналогові rmod інтерфейси
CoreEP4CE6	Міні	6/6	Підтримує лише режим програмування JTAG

Розроблена онтологічна модель дозволяє формально описати всі ключові аспекти проектування FPGA-лат та може служити основою для створення експертної системи підтримки прийняття рішень. Модель забезпечує можливість логічного виведення на основі заданих правил та обмежень, що дозволяє автоматизувати процес перевірки коректності конфігурації компонентів при проектуванні нових плат. Модель включає 22 класи та підкласи, 30 типів предметних властивостей та 17 об'єктивних властивостей, що охоплюють як структурні, так і функціональні аспекти проектування. Практична значимість розробленої онтології підтверджена її успішною валідацією на прикладах шести різних FPGA-лат провідних виробників.

Перспективними напрямками подальших досліджень є розширення онтології для опису додаткових аспектів проектування, таких як термічні характеристики та електромагнітна сумісність компонентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge acquisition. 2013. №5(2). С. 199-220.
2. Yang J., Lei Y., Fan B., Yu M. An Ontology-Based Knowledge Modeling Approach for FPGA Design Knowledge Management. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 18957-18968.

3. Adhau S., Vaidya O. S. Strategy planning for FPGA product development using fuzzy AHP approach. International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2021. №12(1). P. 89-101.

УДК 004.8

Воскобойник В.О.¹, Савченко Ю. В.², Семеренко П.О.³

¹ канд., техн., наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² канд., техн., наук, доц. Університету митної справи та фінансів

³ студ. гр. БК-813м НУ «Запорізька політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У БАГАТОФАКТОРНІЙ АВТЕНТИФІКАЦІЇ

Актуальність застосування штучного інтелекту (ШІ) у багатофакторній автентифікації (БФА) значно зростає в умовах зростання кіберзагроз і дедалі більшої складності атак [1-3].

Кібербезпека залишається головною проблемою в сучасному ІТ-світі оскільки кількість хакерських інцидентів зростає. Багато аспектів нашого життя перемістилися в Інтернет, що комерційний і приватний світи можуть багато втратити через порушення безпеки.

У відповідь спеціалісти з кібербезпеки розгортають арсенал засобів захисту та протидії, щоб забезпечити безпеку даних і конфіденційної інформації. Враховуючи величезну кількість і різноманітність доступних сьогодні атак, це величезне завдання.

Ціллю даної роботи є аналіз методів моделювання штучного інтелекту у багатофакторній автентифікації, а також питання щодо захисту нейронних мереж від кібератак.

У багатофакторній автентифікації застосовуються наступні методи і фактори.

Біометричні методи:

- статичні біометричні фактори: включають розпізнавання обличчя, відбитків пальців, сканування райдужної оболонки та інші фізичні характеристики користувачів;

- динамічні біометричні фактори: сюди входять такі аспекти, як аналіз голосу, манера ходьби та інші характеристики, що змінюються в реальному часі.

Поведінкові фактори:

- поведінкова біометрія: включає аналіз поведінкових шаблонів, наприклад, ритму натискання клавіш, стилю введення тексту, шаблонів використання пристрою тощо;

- аналіз контексту та дій користувача: враховує інформацію про пристрої, місцезнаходження користувача, його дії в системі та інші показники, що допомагають ідентифікувати особу на основі звичних дій.

Контекстуальні фактори: використання додаткових даних про середовище або поведінку, наприклад, місцезнаходження, часу доби, типу пристрою або мережі для оцінки ризику при спробі входу.

Гібридні методи та багатофакторна автентифікація - це комбіновані методи, які поєднують кілька різних факторів (наприклад, біометрію та поведінкові шаблони), що дозволяє забезпечити більш надійний захист.

Ця структура допомагає визначити типи ШІ-технологій, що можуть використовуватися для побудови більш гнучких та адаптивних систем автентифікації.

Глибоке навчання і комп'ютерний зір використовуються для обробки та розпізнавання складних біометричних даних, таких як обличчя, відбитки пальців та райдужка ока або іншим візуальним біометричним параметрам. Розпізнаються з візуальних даних унікальні риси користувача з високою точністю завдяки аналізу великої кількості відео- або фотозображення і аудіофайлів.

Обробка природної мови (NLP) використовується для розпізнавання голосу або обробки текстових команд як частини автентифікаційного процесу. NLP дозволяє автентифікувати користувачів на основі мовних моделей, що враховують індивідуальні особливості голосу чи манери спілкування користувача.

Аналіз поведінкових патернів включає аналіз шаблонів користувача, наприклад, швидкість введення тексту або ритм натискання клавіш. Цей підхід дозволяє ідентифікувати відхилення від звичайної поведінки користувача та виявляти можливі спроби несанкціонованого доступу.

Технології машинного навчання (ML) використовуються для аналізу поведінкових шаблонів та контексту. Вони допомагають створювати моделі на основі минулих даних користувача, що дозволяє виявляти аномалії та потенційні загрози. Наприклад, ML може відстежувати поведінкові патерни під час введення тексту або використання пристроїв.

Генеративні моделі та мережі (наприклад, GANs) застосовуються для навчання на синтетичних даних і здатні імітувати реальні поведінкові та біометричні патерни. Генеративні моделі можуть створювати додаткові дані для тренування систем безпеки, що особливо корисно для розвитку та тестування нових підходів у БФА.

Адаптивні системи, де поєднуються кілька технологій ШІ для динамічної обробки контексту та даних користувачів.

Основні виклики для ШІ у багатофакторній автентифікації:

- *конфіденційність*. Використання поведінкових та біометричних даних може призводити до проблем з конфіденційністю, оскільки необхідно зберігати та обробляти велику кількість чутливих даних;

- *підробка біометрії*. Незважаючи на точність ШІ, існують ризики підробки біометричних параметрів. Це може призвести до того, що злоумисники обійдуть систему, використовуючи, наприклад, штучно створені обличчя;

- *ефективність у реальному часі*. Реалізація в реальному часі для безперервного моніторингу вимагає великих обчислювальних ресурсів, що може впливати на продуктивність систем.

Використання штучного інтелекту для обходу багатофакторної автентифікації набуває широкого поширення в кіберзагрозах.

Також залишається актуальним питання щодо захисту нейронних мереж від кібератак.

На першому, найбільш складному етапі завдання протидії кібератакам зводиться до ідентифікації подій, пов'язаних з реалізацією в кібернетичному просторі загроз безпеці ресурсів інформаційних систем з урахуванням їх уразливостей. Іншими словами, дана ідентифікація це виявлення та класифікація будь-яких видів несанкціонованих дій по відношенню до цих ресурсів.

Також недоліками відомих коштів протидії кібератакам на мережеві ресурси інформаційних систем є висока вартість та відсутність докладної науково-технічної документації. Дослідження вчених вказують на те, що розпізнавання мережевих кібератак є використання в них апарату штучних нейронних мереж.

Розпізнавання мережевих кібератак можна визначити як процес моніторингу (реєстрації та аналізу) параметрів мережевого трафіку на наявність ознак порушення політики безпеки та спроби поставити під загрозу конфіденційність, цілісність, доступність, або обійти механізми безпеки хоста чи мережі.

В даний час процес протидії мережевим кібератакам реалізується з використанням двох основних методів: визначення аномалій та визначення зловживань. Одним з основних шляхів захисту є впровадження методів аналізу мережевого трафіку, що базуються на сучасних рішеннях теорії штучних нейронних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Guangyi Zhu, Yasir Al-Qaraghuli "AI-Assisted Authentication: State of the Art, Taxonomy and Future Roadmap" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2204.12492>

2. Kutub Thakur, Md Liakat Ali, Muath A. Obaidat, Abu Kamruzzaman "A Systematic Review on Deep-Learning-Based Phishing Email Detection"[Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://www.mdpi.com/2079-9292/12/21/4545>

3. Ayodeji Oseni, Nour Moustafa, Helge Janicke, Peng Liu, Zahir Tari, Athanasios Vasilakos "A Survey of Artificial Intelligence in Cybersecurity"[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2102.04661>

УДК 378.4

Голуб Т.В.¹, Зеленьова І.Я.¹, Домашенко С.В.¹, Штепа І.А.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-223м НУ «Запорізька політехніка»

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ В ОСВІТІ

Штучний інтелект (ШІ) стає рушійною силою трансформації промисловості, медицини, систем управління і, звісно, науки та освіти. Водночас зростають ризики порушення прав та етичних норм у суспільстві, пов'язаних з їх використанням. Проблема набуває глобального характеру, тому її розглядають на міжнародному рівні, а Європейський парламент нещодавно ухвалив перший в історії закон про штучний інтелект [1].

Дослідження публікацій показало, що думки провідних університетів щодо використання ШІ в освіті наразі розділилися залежно від поставлених завдань. Зазначимо, що Європейська асоціація університетів (EUA) визнала марність спроб заборонити використання ШІ і підкреслює, що університети повинні адаптуватися і знайти способи ефективного і змістовного використання ШІ у вищій освіті [2].

До переваг використання ШІ студентами відносяться наступні: забезпечення студентам миттєвого доступу до інформації та зворотній зв'язок з різних тем і предметів; навчання стає більш інтерактивним і цікавим для студентів; ознайомлення студентів з різними поглядами, культурами, мовами та стилями спілкування; інновації в ШІ можуть надихнути студентів на пошук нових ідей, можливостей і рішень; різноманітні асистенти ШІ, спрямовані на їх використання для створення програмного коду, зображень, графіків, текстів, презентацій тощо.

Проте при цьому ШІ має і свої небезпеки, до яких відносяться:

- надмірна залежність від технологій: існує ризик того, що студенти можуть занадто покладатися на ChatGPT та інші інструменти ШІ, що може призвести до відсутності навичок критичного мислення та незалежності в навчанні;

- брак соціальної взаємодії: хоча ChatGPT може імітувати розмови, він не може замінити соціальну та емоційну взаємодію, яка відбувається при спілкуванні віч-на-віч;

- точність та упередженість: ChatGPT може генерувати неправильні або упереджені відповіді на основі даних, на яких він навчався;

- плагіат: якщо студенти використовують ChatGPT для створення письмових робіт без належного зазначення авторства або підтвердження його використання, це може призвести до плагіату та академічної нечесності;

- занепокоєння щодо конфіденційності: для навчання ChatGPT потрібні великі обсяги даних, тому може виникнути занепокоєння щодо конфіденційності та безпеки даних студентів;

- відсутність людського контакту: ChatGPT не може замінити керівництво і взаємодію з викладачами-людьми, які можуть надати емоційну підтримку і адаптуватися до індивідуальних потреб студентів.

Не вважаючи на зазначене, штучний інтелект набуває все більшого розповсюдження. Загалом студентів доцільно заохочувати використовувати ШІ для реалізації наступних завдань: для глибшого розуміння певної предметної області; для проведення мозкових штурмів; для зменшення обсягу рутинної роботи; для підготовки певних видів робіт – есе, презентацій тощо, за умови зазначення частини внеску ШІ, і лише з дозволу викладача.

Проте не бажано, щоб студенти використовували ШІ для виконання завдань, пов'язаних з аналітичним та критичним мисленням.

Викладачі Національного університету «Запорізька політехніка» (НУЗП) також мають досвід використання інструментів ШІ у навчальних курсах найрізноманітнішого профілю. Результати опитування, в якому взяли участь 238 магістрантів факультету комп'ютерних наук та технологій, підтверджують загальну світову тенденцію. На рисунку 1 наведено інтенсивність використання ШІ для вирішення різних задач.

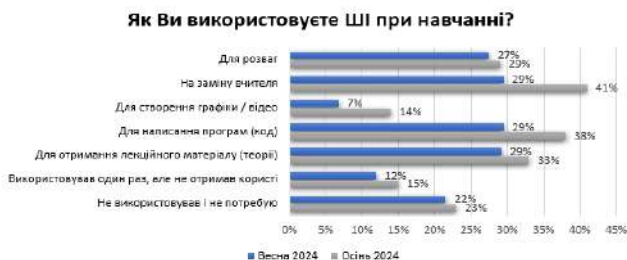


Рисунок 1 – Результати опитування щодо області використання ШІ

Так, найбільш активно студенти звертаються по допомогу для отримання додаткових пояснень щодо теоретичного матеріалу (на заміну

вчителя та отримання лекційного матеріалу), а також для зменшення кількості рутинної роботи (написання програмного коду). При цьому, як видно з рисунку, тенденції та відсотковий розподіл показують зростання масштабів використання ІІІ студентами, що спостерігається навіть в проміжку часу в пів року. При чому ця тенденція має зберігатися і надалі. Найбільш популярними наразі є сервіси ChatGPT, Bing та Copilot (рис.2).

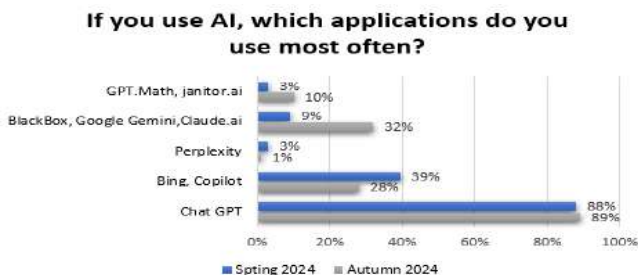


Рисунок 2 – Результати опитування щодо використовуваних сервісів ІІІ

Як свідчить статистика, штучний інтелект поступово займає все більш значиме місце в освіті включно, тому опанування засобів ІІІ є доцільним як для студентів, так і для викладачів. Для спрощення цього процесу, на основі аналізу джерел та власного досвіду, запропоновано ряд рекомендацій щодо більш результативного формулювання запитів, використання ІІІ на лекціях та інших практичних застосувань [3].

Основні практичні рекомендації та поради щодо того, як формулювати запити до чату зі ІІІ для отримання максимально коректного результату: ставити чітке запитання; описувати контекст і приклади; вказувати обмежувальні умови; розбивати складні запити на прості блоки; повторювати і перефразовувати запит, поки не буде отримано якісну відповідь; переглядати інформацію про пріоритети; звертатися до ІІІ-чату за покроковим поясненням; перевіряти отриману відповідь.

При підготовці до лекцій та інших видів занять ІІІ може допомогти у вирішенні низки завдань, таких як: створення навчальних матеріалів, наприклад інтерактивні вправи, відеоуроки та симуляції, що робить навчання більш різноманітним і цікавим; генерація однотипних рутинних завдань; переклад тексту на певні мови; допомога слухачам у розумінні матеріалів під час самостійного вивчення тем; надання відповідей на найпоширеніші запитання слухачів; надання рекомендацій щодо додаткових ресурсів та матеріалів для слухачів, які потребують додаткової допомоги або розширення знань; як перспектива - створення віртуальних лабораторій,

створення адаптивних систем для врахування особливостей певних слухачів тощо.

Щодо проблем безпеки та етики використання ШІ студентами, то пропонуються наступні заходи:

- студенти мають бути поінформовані про природу, можливості, обмеження та наслідки використання Chat GPT та інших ШІ;
- студенти повинні дотримуватися певних правил і рекомендацій при використанні ШІ в навчальних цілях. Вони повинні використовувати інструменти штучного інтелекту лише за згодою та під наглядом своїх викладачів;
- студенти повинні дотримуватися етичних норм, уникати плагіату і обов'язково оцінювати і вказувати внесок ШІ в роботу студента;
- студенти повинні збалансувати використання ШІ з іншими джерелами та методами навчання. Вони повинні доповнювати відповіді ШІ власними дослідженнями, аналізом і синтезом. Крім того, вони повинні урізноманітнити свій навчальний досвід і діяльність іншими формами медіа, технологій і людського спілкування.

Наразі, до розповсюджених безкоштовних інструментів штучного інтелекту, рекомендованих для освіти, відносяться:

- для загальних цілей Chat GPT, Perplexity, Bing, Copilot;
- для математики MathAI, Math-GPT;
- для зображень та відео hotpotAI, synthesisia;
- для діаграм, графіків mermaid.live;
- для генерації програм <https://bito.ai/>, <https://www.jetbrains.com/ai/> ;
- для самоосвіти <https://explorer.globe.engineer/?q=Help+me+to+study> ;
- для перевірки матеріалів Undetectable AI (<https://undetectable.ai/>), AI Detector, AI Checker.

Результати даного дослідження та рекомендації, запропоновані в цій роботі, можуть бути використані студентами та викладачами для підвищення ефективності та безпеки спілкування зі штучним інтелектом. Це сприятиме кращій комунікації в умовах онлайн-навчання, інтеграції студентів у цифрове освітнє середовище, а також забезпечить їм певну незалежність від проблем критичних ситуацій (пандемії, воєнний стан тощо), підвищуючи тим самим стійкість навчального процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Artificial intelligence policies: guidelines and considerations, <https://learninginnovation.duke.edu/ai-and-teaching-at-duke-2/artificial-intelligence-policies-in-syllabi-guidelines-and-considerations/>, last accessed 01.11.2024

2. Academic integrity statements that address generative AI, <https://cetli.upenn.edu/resources/syllabus/academic-integrity-statements-that-address-generative-ai/>, last accessed 01.11.2024

3. Framework for the Online Education with the Distributed Educational Resources / G. Tabunshchik, A. Parkhomenko, S. Subbotin, I. Zeleneva, T. Holub, T. Kapliienko // Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education: proc. of the 26th Int. Conf. on Interactive Collaborative Learning (ICL2023), 26-29 September 2023 – Madrid, Spain, 2023 – Volume 899 – P. 247-254. DOI: 10.1007/978-3-031-51979-6_26

УДК 621.391

Дорош А.С.¹, Грушко С.С.²

¹ асп. кафедри КСМ, НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

КОДУВАННЯ ДАНИХ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ З ПІДВИЩЕНОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ

Сучасний етап розвитку телекомунікаційних систем характеризується стрімким зростанням обсягів даних, що передаються, та кількості підключених пристроїв. В умовах обмежених енергетичних ресурсів особливої актуальності набуває розробка енергоефективних методів кодування інформації. Ця проблема є особливо критичною для бездротових сенсорних мереж (WSN) та пристроїв Інтернету речей (IoT), де тривалість автономної роботи пристроїв безпосередньо залежить від ефективності використання енергії при передачі даних.

Аналіз останніх досліджень у галузі енергоефективного кодування демонструє значний прогрес у розробці нових методів та підходів. Особливої уваги заслуговує метод Sparse Transition Encoding, який забезпечує зниження енергоспоживання на 30% за рахунок мінімізації кількості переходів у блоці даних. Принцип роботи цього методу полягає у використанні спеціальних кодових послідовностей, що дозволяють зменшити кількість змін стану в лініях передачі даних. Практичні дослідження підтвердили особливу ефективність цього підходу в системах з високою частотою передачі даних, де зниження динамічного енергоспоживання відіграє ключову роль.

Значним кроком уперед у розвитку енергоефективних технологій стала розробка системи EEDDS для радіочастотних бездротових сенсорних мереж. Ця технологія використовує спеціалізовані кодові таблиці для оптимізації енергії, що витрачається на передачу кожного біта інформації. Унікальність EEDDS полягає в її здатності адаптивно налаштовувати параметри передачі залежно від умов функціонування мережі. Система враховує такі фактори як

відстань між вузлами, рівень завад у каналі зв'язку, поточний заряд батареї пристрою та пріоритетність даних, що передаються.

Особливої уваги заслуговує система RBNSiZeComm, яка реалізує інноваційний принцип "мовчазних символів". Ця технологія забезпечує вражаючу економію енергії – до 62.5% під час передачі даних. В основі роботи системи лежить комплексний підхід до аналізу статистичних характеристик потоку даних та формування оптимальних кодових послідовностей. Система постійно адаптується до змін у характері трафіку, що дозволяє підтримувати максимальну енергоефективність у різних умовах роботи.

Значний прорив у підвищенні енергоефективності систем кодування пов'язаний з використанням FPGA-платформ. Практичні дослідження показали, що реалізація методів кодування на FPGA забезпечує зниження енергоспоживання до 48% порівняно з традиційними процесорними архітектурами. При цьому досягається суттєве підвищення продуктивності обробки даних – у 15-21 раз залежно від специфіки застосування.

Ключовою перевагою FPGA є можливість глибокої оптимізації алгоритмів для енергоефективного обчислення. Архітектура FPGA дозволяє створювати спеціалізовані обчислювальні блоки, оптимізовані під конкретні алгоритми кодування. Важливим аспектом є також ефективне використання вбудованих блоків пам'яті, що дозволяє мінімізувати затримки доступу до даних та знизити енергоспоживання при передачі інформації між функціональними блоками.

Експериментальні дослідження продемонстрували, що впровадження адаптивного тимчасового кодування на FPGA забезпечує підвищення енергоефективності системи на 7-15% залежно від характеристик трафіку. Особливо вражаючі результати отримано при використанні методів компресійного кодування для IoT-пристроїв, де досягнуто економії до 85% енергії при обробці тимчасово корельованих даних.

Для оцінки ефективності розроблених методів кодування запропоновано математичну модель, яка враховує основні параметри системи:

$$E = \eta(P) \times C(D) \times F(f,v), \quad (1)$$

де E – загальна енергоефективність системи; $\eta(P)$ – коефіцієнт корисної дії передавача; $C(D)$ – коефіцієнт стиснення даних; $F(f,v)$ – функція оптимізації частоти та напруги FPGA.

При цьому функціонування системи має відповідати умовам забезпечення якості передачі даних:

$$BER \leq BER_{max}, \quad (2)$$

$$T_{\text{пер}} \leq T_{\text{доп}}, \quad (3)$$

де BER – коефіцієнт бітових помилок; BER_{max} – максимально допустимий коефіцієнт помилок; $T_{\text{пер}}$ – затримка передачі; $T_{\text{доп}}$ – допустима затримка.

Проведені дослідження переконливо демонструють, що використання сучасних методів енергоефективного кодування даних дозволяє досягти значного зниження енергоспоживання телекомунікаційних систем при збереженні високої якості передачі інформації. Особливо перспективним є напрямок реалізації методів кодування на FPGA-платформах, що забезпечує додаткову оптимізацію енергоспоживання за рахунок апаратного прискорення алгоритмів обробки даних та гнучкого налаштування параметрів системи.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розробці адаптивних алгоритмів, які дозволять оптимізувати параметри системи в реальному часі залежно від умов роботи та вимог до якості передачі даних. Важливим напрямком є також дослідження можливостей комбінування різних методів кодування та оптимізації на FPGA для досягнення максимальної енергоефективності при збереженні необхідних показників якості передачі даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Song M., Wang Y., Li X., et al. Energy-efficient data transmission using sparse transition encoding in wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Communications*. 2015. Vol. 63, № 8. С. 2671-2683.
2. Zhu Y., Wang J., Chen H., et al. EEDDS: An energy-efficient data transmission system for wireless sensor networks. *Wireless Networks*. 2018. Vol. 24, № 2. С. 451-464.
3. Nikolov M., Haas Z. J. Energy-efficient encoding for sensor networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*. 2018. Vol. 26, № 2. С. 756-769.
4. Behnam A., Stothard P., Baker C., et al. Adaptive temporal encoding for low-power cache designs. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems*. 2017. Vol. 25, № 9. С. 2593-2606.
5. Sinha R., Kumar A., Patil V., et al. RBNSiZeComm: A novel encoding scheme for low-power WSN applications. *IEEE Sensors Journal*. 2018. Vol. 18, № 12. С. 5087-5095.
6. Stojkoska B., Nikolovski K. Data compression for energy efficient IoT solutions. *IEEE Internet of Things Journal*. 2017. Vol. 4, № 2. С. 447-464. Zhang C., Li P., Sun G., et al. Energy-efficient CNN implementation on a deeply pipelined FPGA cluster. *Proceedings of the International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED '16)*. New York : ACM, 2016. С. 326-331.
7. Hosseinabady M., Nunez-Yanez J. L. Dynamic energy management of FPGA accelerators in embedded systems. *IEEE Transactions on Very Large Scale*

Integration Systems. 2018. Vol. 26, № 8. C. 1625-1638. Matai J., Kim D., Prasanna V. K. Energy-efficient canonical Huffman encoding. Proceedings of the IEEE International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors. Zurich, Switzerland, 2014. C. 202-209.

8. Ghosh S., Prakash A., Das S., et al. Energy-efficient pipeline architectures using embedded memory blocks in FPGAs. Proceedings of the International Conference on Field-Programmable Technology. Shanghai, China, 2014. C. 204-211.

УДК 004.056.57

Дубровін В.І.¹, Дейнега Л.Ю.², Горпінч І.О.³

¹ проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. КНТ-131 НУ «Запорізька політехніка»

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДА ВИЯВЛЕННЯ АТАК У МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНТРОПІЇ

В сучасних мережах питання виявлення атак є критично важливим через постійне зростання обсягів трафіку та складності атак. Класичні методи виявлення аномалій часто не справляються зі швидкими змінами в поведінці трафіку або недостатньо ефективні для обробки великих обсягів даних. Одним із перспективних підходів є використання ентропії для аналізу трафіку [1 - 3]. Ентропія дозволяє виявляти відхилення від нормального функціонування системи, оскільки під час атак статистичні характеристики трафіку змінюються. Завдання цієї роботи полягає у дослідженні методів виявлення аномалій у мережевому трафіку за допомогою ентропії для виявлення потенційних атак [4 - 5].

В даному дослідженні проведено аналіз мережевого трафіку [6], зібраного з файлу формату PCAP, за допомогою бібліотек `scapy` та `matplotlib`. Основною метою дослідження було визначення ентропії джерел і призначених IP-адрес, а також портів, що використовуються в пакетах даних. Ентропія, яка вимірює невизначеність у даних, обчислюється шляхом підрахунку частот виникнення кожного унікального значення в масивах IP-адрес і портів. Результати представлено у вигляді гістограм, що ілюструють розподіл джерел IP, призначених IP і портів.

Результати проведеного дослідження представлено на рис.1.



Рисунок 1 – результат роботи програми

Ентропія джерел IP: 1.451 - це значення вказує на ступінь випадковості або невизначеності серед IP-адрес, які є джерелами трафіку. Чим більше ентропія тим більше унікальних джерел IP і більш рівномірно розподілений трафік між ними. Значення 1.451 свідчить про те, що є кілька різних джерел IP, але це не дуже висока ентропія, що може вказувати на переважання кількох основних джерел у потоці трафіку.

Ентропія призначених IP: 1.429 - це значення показує ступінь невизначеності для IP-адрес, на які спрямовується трафік. Подібне значення (1.429) до ентропії джерел IP свідчить, що розподіл призначених IP є схожим на розподіл джерел IP. Тобто, кількість призначених IP є також обмеженою, і основна частина трафіку спрямовується до кількох вузлів.

Ентропія портів: 2.155 - це значення вказує на ступінь невизначеності серед портів, через які проходить трафік. Значення 2.155 є вищим, ніж для IP-адрес, що може свідчити про більшу різноманітність портів, через які передаються дані. Це може бути ознакою того, що використовується широкий спектр портів для комунікації, що є типовим для мереж із різними сервісами або протоколами.

Графіки, які були отримані в результаті роботи програми показано на рис.2 – 4.



Рисунок 2 – Графік 1



Рисунок 3 – Графік 2

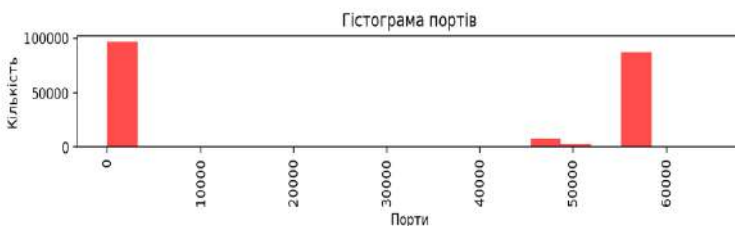


Рисунок 4 – Графік 3

Графік 1 показує розподіл IP-адрес джерел трафіку. Більшість трафіку надходить із однієї або кількох IP-адрес, що вказує на домінуючі джерела й можливу централізацію або аномалію, пов'язану з атакою. Також спостерігається мала кількість унікальних IP-джерел, що може бути нормальним для локальних мереж, але також свідчити про значне навантаження на одне або кілька джерел.

Графік 2 вказує на домінування трафіку, спрямованого до однієї IP-адреси (192.168.202.79), що може свідчити про централізований сервер або атаку типу DDoS. Невелика кількість унікальних IP-адрес вказує на обмежену взаємодію між пристроями мережі.

Графік 3 показує домінування трафіку на низьких портах (0-10000), що свідчить про використання стандартних сервісів, а також інтенсивний трафік на високих портах (близько 60000), що може вказувати на короткочасні з'єднання чи нестандартні сервіси

Аналіз мережевого трафіку за допомогою ентропії дозволяє виявляти аномалії та оцінювати різноманітність даних, таких як IP-адреси та порти. Високі значення ентропії вказують на більшу різноманітність трафіку, що може свідчити про нормальну активність, тоді як низькі значення можуть бути ознакою потенційних загроз або нестандартної поведінки. Використання гістограм для візуалізації результатів допомагає краще зрозуміти структуру мережевих даних та зробити висновки щодо стану мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубровин В. И. Исследование изменений энтропии и энергии на этапах декомпозиции сигнала / Дубровин В. И., Твердохлеб Ю. В. // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2013. – No2 (29). – С. 54–58.
2. Дубровін В.І. Аналіз мережевого трафіку за допомогою ентропії / А. К. Яценко, В. І. Дубровін, Ю.В. Твердохліб // Матеріали XXIII Міжнародного науково-практичного семінару імені А.Я. Петренюка. – Запоріжжя – Кропивницький: ПП Ексклюзив-Систем, 2021. – С. 198-202.

3. Detection and Mitigation of DDoS Attacks Using Conditional Entropy in Software-defined Networking Ming Xuanyuan; Visham Ramsurrun; Amar Seeam (2019) - <https://ieeexplore.ieee.org/document/9087252>

4. A Review of Detecting DDoS Attacks Based on Entropy Computation Atul Agrawal, Pashupati Baniya, Bishnu Bahadur Gupta (2023) - https://www.researchgate.net/publication/378323236_A_Review_of_Detecting_DDoS_Attacks_Based_on_Entropy_Computation

5. SDN Based DDoS Mitigating Approach Using Traffic Entropy for IoT Network Muhammad Ibrahim, Muhammad Hanif Anjum, Shabir Ahmad (2024)https://www.researchgate.net/publication/379783029_SDN_Based_DDos_Mitigating_Approach_Using_Traffic_Entropy_for_IoT_Network

6. Посилання на джерело з файлом мережевого трафіку: <https://share.netresec.com/s/7qqDSGNGw2NY8ea>.

УДК 004.5

Дьячук Т.С.¹

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ З ПРОГРАМУВАННЯ

Система автоматизованої перевірки завдань для курсів з програмування – це потужний інструмент оптимізації освітнього процесу, підвищення ефективності викладання та полегшення навчання студентам. Що забезпечує перевірку правильності коду, якості реалізації та відповідності вимогам завдань без потреби в постійній участі викладача.

Розглянемо основні переваги, які надає така система особливо в умовах дистанційної освіти. По перше автоматизація допоможе впоратися з первинною перевіркою великої кількості типових завдань та заощадити час як викладача так і студента. Студенти можуть отримати результати перевірки та зворотній зв'язок одразу після здачі роботи, швидше виправити свої помилки, що мотивує до самостійного навчання, а також змушує виконувати завдання згідно з чіткими вимогами. Такий підхід є доречним для великих груп студентів, де викладачам важко вручну перевірити кожне завдання. Це знімає навантаження з викладачів і дозволяє більше зосередитися на індивідуальній допомозі студентам. Також виключається фактор людської суб'єктивності в оцінюванні, оскільки автоматизована система забезпечує стандартизовану перевірку.

Однак у подібного підходу є і свої недоліки. Розробка і підтримка такої системи потребує часу, а також кваліфікації для налаштування тестів та критеріїв оцінювання. Система може перевіряти лише чітко задані показники

(наприклад, правильність вихідних даних), але не може оцінити творчі або нестандартні підходи до вирішення. Для задач, які вимагають креативних рішень або незвичних підходів, автоматизована система може бути використана тільки для початкового аналізу коректності роботи. Також якщо система має помилки або неправильно налаштовані параметри, це може призвести до некоректного оцінювання студентських робіт.

Система автоматизованої перевірки завдань була розроблена та апробована у рамках дисципліни «Основи програмування на Kotlin» (базовий репозиторій для навчання доступний за посиланням [1]). Система побудована на можливостях GitHub, таких як Pull requests (PR) та GitHub Actions. Автоматизована перевірка є частиною більш складної системи для дистанційної освіти, тому завдання, які надаються студентам також генеруються автоматично, придатні для подальшої автоматизованої перевірки та мають чітко визначену специфікацію [2].

Для прикладу розглянемо перевірку завдання з теми «Змінні та типи даних, рядки, умови та цикли, функції». Для об'єднання та формалізації варіантів формул були використані елементи принципу One-Hot Encoding [3]. Оскільки при формуванні завдання *res* (формула (1)) використовується головна *mainFnc* та вторинна функції *secondaryFnc* [2], то для перевірки також потрібно враховувати всі наявні варіанти.

$$res = mainFnc(secondaryFnc(X_0, X_1, ..., X_n)), \quad (1)$$

де $\bar{X}$ - вектор вхідних аргументів розмірністю n , які для тестування система перевірки підбирає за допомогою генератора випадкових чисел.

Наведемо формулу (2) для розрахунку *secRes* - вектора результатів вторинної функції для відповідних вхідних аргументів X_i .

$$\begin{aligned} secRes_0 &= A_0 \cdot X_0 + A_1 \cdot X_0^2 + A_2 \cdot X_0^3 + A_3 \cdot X_0 + A_4 \cdot X_0 + A_5 \cdot |X_0| + \\ &\quad + A_6 \cdot |X_0| + A_7 \cdot |X_0| \\ secRes_i &= secRes_{i-1} \cdot sum + secRes_{i-1}^{mult} \cdot (A_0 \cdot X_i + A_1 \cdot X_i^2 + A_2 \cdot X_i^3 + \\ &\quad + A_3 \cdot \min(secRes_{i-1}, X_i) + A_4 \cdot \max(secRes_{i-1}, X_i) + A_5 \cdot |X_i| + \\ &\quad + A_6 \cdot \min(secRes_{i-1}, |X_i|) + A_7 \cdot \max(secRes_{i-1}, |X_i|)), \end{aligned} \quad (2)$$

де A - вектор, в якому є лише один не нульовий елемент, який буде у позиції відповідно до завдання студента. Наприклад, якщо є завдання розрахувати суму квадратів, то вектор буде наступним $A = [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0]$;

sum - буде мати значення 1, якщо в завданні потрібно розрахувати суму всіх компонентів, інакше 0;

mult - буде мати значення 1, якщо в завданні потрібно перемножити всі компоненти, інакше 0;

i – приймає значення від 1 до *n*.

Головна функція *result* розраховується аналогічно (3).

$$data = [\sqrt{secRes_n}, \sqrt[3]{secRes_n}, \cos(secRes_n), \tan(secRes_n), \\ \sin(secRes_n), \tanh(secRes_n), \ln(secRes_n)]$$

$$result = \overrightarrow{data} \cdot \overrightarrow{B}, \quad (3)$$

де *B* - вектор, в якому є лише один не нульовий елемент, він буде у позиції відповідно до головного завдання студента. Наприклад, якщо студент отримав завдання розрахувати корінь квадратний з суми квадратів, то вектор буде наступним $B = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$;

secRes_n - останній елемент вектору *secRes*, тобто результат ітеративного розрахунку значення вторинної функції завдання;

data - вектор всіх можливих головних функцій завдання.

На всі завдання система генерує набори тестових даних. Далі виконується розрахунок результату за кожним елементом тестових даних за програмним кодом від студента та з використанням вищенаведених формул. Якщо результати не співпадають, то завдання студента не зараховується, система видає звіт про помилку з певним набором тестових даних.

Таким чином, автоматизована перевірка завдань студентів здатна суттєво полегшити процес викладання та оцінювання знань. Завдяки цьому підходу можна автоматизувати численні аспекти навчання та забезпечити об'єктивність оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. DiachT/KotlinLabsNUZP – Репозиторій з кодом. URL: <https://github.com/DiachT/KotlinLabsNUZP> (дата звернення: 10.11.2024).

2. Дьячук Т.С. Автоматизована система генерації завдань в навчальних курсах з програмування / Т.С. Дьячук, В.І Шкрябець, А.В. Тіменко, Т.В. Голуб// Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, Серія: Технічні науки, Видавничий дім «Гельветика», 2024 – Том 35 (74) № 2 2024 – С.85-90.

3. Data Science in 5 Minutes: What is One Hot Encoding? URL: <https://www.educative.io/blog/one-hot-encoding> (дата звернення: 10.11.2024).

УДК 004.27

Неласа Г.В.¹, Зайцева А.О.², Дубровін В.І.³, Ковальов І. Є.²

¹ канд., техн., наук, доц., доц. каф. ІБтаН НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-813М НУ «Запорізька політехніка»

³ канд., техн., наук, проф., проф. каф. ПЗ НУ «Запорізька політехніка»

КВАНТОВА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДОБЕШИ

Вейвлет є математичною функцією, яку використовують для поділу заданої функції або сигналу безперервного часу на компоненти масштабу. Вони є масштабованими та трансльованими копіями (відомими як «дочірні вейвлети») коливальної форми сигналу кінцевої довжини або швидкозгасаючих (відомих як «материнський вейвлет») [1].

Вейвлети Добеші є сімейством ортогональних вейвлетів, які визначають дискретне вейвлет-перетворення та мають максимальну кількість моментів зникнення для конкретно вибраної опори.

Дискретне вейвлет-перетворення сигналу x обчислюється, пропускаючи його через низку фільтрів. Спочатку зразки пропускають через фільтр низьких частот з заданою імпульсною характеристикою. Сигнал також розкладається одночасно за допомогою фільтра високих частот. Вихідні дані дають коефіцієнти деталізації (від фільтра високих частот) і коефіцієнти апроксимації (від фільтра низьких частот). Важливо, щоб два фільтри були пов'язані один з одним, і вони відомі як квадратурний дзеркальний фільтр. [2]

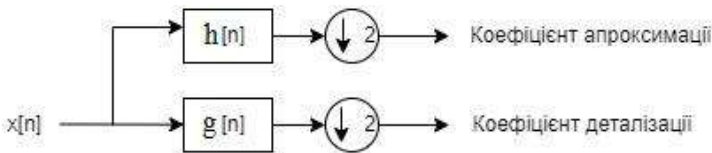


Рисунок 1 – Блок-схема аналізу фільтрів

Вейвлет-перетворення Добеші D4 має чотири коефіцієнти функції масштабування

$$h_0 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_1 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_2 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, h_3 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}. \quad (1)$$

де h_N – фільтр апроксимації.

Нижче наведено як вирахувати та чому дорівнюють значення коефіцієнтів вейвлет-функції:

$$g_k = (-1)^k h_{N-1-k}, \quad (2)$$

$$g_0 = h_3, g_1 = -h_2, g_2 = h_1, g_3 = -h_0. \quad (3)$$

де h_N – фільтр апроксимації, g_k – фільтр деталізації.

Реалізовувати вейвлет-перетворення Добеши D4 на квантах будемо за допомогою бібліотеки PennyLane та хмарного середовища для роботи з Jupyter Notebook – Google Colab.

Для початку треба встановити та підключити бібліотеки pennylane та numpy, присвоївши їм qml та np, відповідно.

Визначаємо коефіцієнти для перетворення Добеши D4. Якщо коротко, то коефіцієнти апроксимації (h) спрощують сигнал, зберігаючи при цьому основні ознаки. А от коефіцієнти деталізації (g) визначають, як виділити деталі сигналу, зокрема, зміни в амплітуді або частоті.

```
h0 = (1 + np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
h1 = (3 + np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
h2 = (3 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
h3 = (1 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
g0 = (1 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
g1 = (-3 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
g2 = (3 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
g3 = (-1 - np.sqrt(3)) / (4 * np.sqrt(2))
approximation_filter = np.array([h0, h1, h2, h3])
detail_filter = np.array([g0, g1, g2, g3])
```

Треба прописати кількість кубітів, яку будемо використовувати. Наприклад, wavelet_qubits = 4. Також задаємо довжину сигналу (2^n , n – кількість кубітів). Тобто, signal_length = 16.

Створюємо квантовий пристрій, на якому будемо реалізовувати вейвлет.

```
dev_d4 = qml.device("default.qubit", wires=wavelet_qubits)
```

Переходимо до квантової реалізації перетворення вейвлета Добеши D4.

```
@qml.qnode(dev_d4)
```

```
def d4_wavelet_transform(input_state):
```

```
    qml.MottonenStatePreparation(input_state, wires=range(wavelet_qubits))
```

Декоратор визначає функцію, яка буде описувати вейвлет-перетворення D4 для обробки вхідного стану input_state, який є вхідним параметром – масивом, що представляє собою класичний сигнал, який буде квантово підготовлений для обробки. Операція, яка прописана в третьому рядку, є в

самій бібліотеці `pennylane`. Після її застосування вхідний класичний сигнал буде перетворений на квантовий стан і збережений у `wavelet_qubits`.

А тепер найцікавіше. За допомогою циклів прописуємо перший етап – апроксимації та другий – деталізації.

```
# Перший етап: апроксимація
for i in range(0, wavelet_qubits - 1, 2): # Обробка парних індексів
    qml.RY(2 * np.arctan(approximation_filter[0]), wires=i)
    qml.CNOT(wires=[i, i + 1])
    qml.RY(2 * np.arctan(approximation_filter[1]), wires=i + 1)
for i in range(1, wavelet_qubits - 1, 2): # Обробка непарних індексів
    qml.RY(2 * np.arctan(approximation_filter[0]), wires=i)
    qml.CNOT(wires=[i, i + 1])
    qml.RY(2 * np.arctan(approximation_filter[1]), wires=i + 1)

# Другий етап: деталізація
for i in range(0, wavelet_qubits - 2, 2): #Обробка парних індексів
    qml.CNOT(wires=[i + 1, i + 2])
    qml.RY(2 * np.arctan(detail_filter[0]), wires=i + 2)
    qml.CNOT(wires=[i, i + 1])

for i in range(1, wavelet_qubits - 2, 2): # Обробка непарних індексів
    qml.CNOT(wires=[i + 1, i + 2])
    qml.RY(2 * np.arctan(detail_filter[0]), wires=i + 2)
    qml.CNOT(wires=[i, i + 1])
return qml.state()
```

Кожен парний/непарний кубіт обробляється через обертання, яке змінює його стан відповідно до фільтра для апроксимації. Потім між кожною парою кубітів (парні/непарні індекси та їхні наступні сусіди) виконується операція CNOT, щоб "передати" або коректувати квантову інформацію. Після цього, другий кубіт в парі (з індексом $i + 1$) також обертається згідно з другим коефіцієнтом фільтра для апроксимації.

На етапі деталізації робимо те саме, тільки спочатку перший кубіт у парі передає інформацію за допомогою операції CNOT до другого кубіта, після чого на другому кубіті виконується обертання за допомогою операції RY, яка залежить від коефіцієнта фільтра деталізації. Потім, виконується ще одна операція CNOT для корекції стану кубітів.

Тепер створюємо та нормалізуємо вхідний сигнал. А оскільки сигнал може мати довжину менше ніж 16 елементів, потрібно додати достатньо нулів, щоб досягти бажаної довжини.

```

padded_signal_length = 16
input_signal_padded = np.concatenate((input_signal_normalized,
np.zeros(padded_signal_length - len(input_signal_normalized))))

```

Після чого викликається функція, яку раніше прописували для сигналу `input_signal_padded`. Це той самий сигнал, який був нормалізований і доповнений нулями, щоб його довжина була ступенем двійки.

Тепер передостанній важливий блок. Потрібно створити функцію, яка буде аналізувати квантовий стан для того, щоб отримати коефіцієнти, які описують стан кубітів. Після чого розподіляються амплітуди квантового стану на коефіцієнти апроксимації та деталізації.

```

def extract_coefficients(quantum_state):
    amplitudes = np.abs(quantum_state) # Підрахунок амплітуд для
отримання коефіцієнтів

```

```

mid = len(amplitudes) // 2
approximation_coeffs = amplitudes[:mid]
detail_coeffs = amplitudes[mid:]
return approximation_coeffs, detail_coeffs

```

В кінці виводимо результат на екран.

```

print("Quantum State (D4 Wavelet):", quantum_state_d4)
print("Approximation Coefficients:", approximation_coeffs)
print("Detail Coefficients:", detail_coeffs)

```

```

Quantum State (D4 Wavelet): [-0.18151887+8.17480008e-18j -0.2575212 +1.19275975e-17j
-0.3929905 +1.11635249e-17j  0.15036484-5.67434333e-18j
 0.44763187-1.67789778e-17j  0.08147727-2.55938875e-18j
 0.10865971-4.28798240e-18j  0.62190698-2.73113115e-17j
-0.01573924+5.07352901e-18j -0.25104173+6.18044184e-17j
-0.01336068+1.04213696e-17j  0.02632096-3.95632418e-18j
 0.15882805-2.37694630e-17j  0.01458512-5.65417615e-18j
-0.08876239+2.07523966e-17j -0.14365144+3.29104707e-17j]
Approximation Coefficients: [0.18151887 0.2575212  0.3929905  0.15036484 0.44763187 0.08147727
0.10865971 0.62190698]
Detail Coefficients: [0.01573924 0.25104173 0.01336068 0.02632096 0.15882805 0.01458512
0.08876239 0.14365144]

```

Рисунок 2 – Результат виконання коду

В результаті, отримали квантовий стан, в якому можна побачити комплексні числа. Реальна частина сигналу відповідає за саму величину амплітуди, а уявна частина – за фазу цього сигналу. Оскільки всі уявні частини значень дуже малі (порівняно з реальними частинами), це свідчить, що більшість квантових станів насправді не мають значного зсуву фази, а є майже чистими реальними числами.

Першою половиною квантового стану є апроксимаційні коефіцієнти, які в свою чергу представляють низькочастотні компоненти сигналу, тобто основну частину інформації про сигнал, де знаходяться його глобальні характеристики. Друга половина – деталізаційні коефіцієнти, які відповідають за високочастотні компоненти сигналу (тобто дрібніші деталі, шуми або зміни в сигналі).

Також, варто дещо уточнити. З класичної точки зору, вейвлет-перетворення зазвичай зменшує розмірність сигналу вдвічі при кожному рівні перетворення. Однак, вихідні коефіцієнти квантового перетворення можуть не зменшуватися через природу квантових обчислень. Квантові стани можуть представляти суперпозицію (стан може одночасно мати багато значень), тому кількість значень у виході може відображати більш комплексну структуру сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Wavelet» – Електронний ресурс – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelet>
2. «Discrete wavelet transform» – Електронний ресурс – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_wavelet_transform

УДК 621.376; 534::621.382

Ігнатюк П.М.¹, Різак М.В.²

¹ асп. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

² доц. ДУ «Київський авіаційний інститут»

АНАЛІЗ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ В РОЗУМНИХ МІСТАХ, КЕРОВАНИХ ДАНИМИ

Процеси урбанізації та друга промислова революція, відома також як технологічна революція, починаючи з 1990-х років, стали каталізатором виникнення концепції «розумних міст» – урбанізованих територій, що використовують передові інформаційні технології та аналіз даних для підвищення якості життя населення, забезпечення громадської безпеки та покращення взаємодії між громадянами та органами державної влади і місцевого самоврядування.

Недостатній захист приватності в розумних містах може викликати серйозні занепокоєння серед громадян, призводячи до юридичних та етичних проблем, крадіжок особистих даних і навіть до проявів дискримінації.

У контексті розумних міст та громад питання конфіденційності зазвичай фокусуються на трьох основних напрямках: безпеці даних, їх

комерційному використанні та рівні довіри до урядових структур. Далі в роботі буде здійснено детальний аналіз кожного з цих аспектів.

Безпека даних

Забезпечення безпеки та конфіденційності персональної інформації є основою для ефективного функціонування будь-якої системи збору та обробки даних, зокрема в контексті розумних міст. Оскільки ці міста значною мірою залежать від пристроїв Інтернету речей (IoT), то вони стають вразливими до кібератак на рівні інфраструктури через недостатньо захищені технології, що лежать в основі таких пристроїв.

Державні структури та організації, які можуть виступати у ролі зберігачів великих обсягів чутливої інформації про громадян і працівників, стають особливо привабливими для кіберзлочинців.

Відсутність належного рівня захисту даних може не лише спричинити економічні та репутаційні втрати, а й викликати серйозні соціальні наслідки, включаючи порушення прав громадян на приватність.

Крім того, обмін даними з приватними підрядниками чи організаціями підвищує ризики, адже кібератака на будь-який із таких суб'єктів може поставити під загрозу спільну інформаційну мережу.

Розв'язання зазначених проблем вимагає комплексного підходу, спрямованого на вдосконалення практик кібербезпеки та впровадження ефективних стратегій захисту чутливих даних у контексті функціонування розумних міст.

Комерційне використання даних у розумних містах і громадах викликає значне занепокоєння щодо конфіденційності.

Розглянемо основні аспекти проблем конфіденційності, пов'язаних із комерційним використанням даних:

Таргетована реклама

Зібрані дані використовуються для формування детальних профілів індивідів, що забезпечує можливість подальшої реалізації цільової реклами. Така практика може спричинити відчуття порушення приватності у мешканців, оскільки персоналізовані рекламні повідомлення базуються на їхній поведінці, вподобаннях та інших аспектах особистого життя.

Монетизація даних

Компанії можуть отримувати прибуток від монетизації зібраних даних шляхом їх продажу третім сторонам. Така практика порушує важливі питання щодо отримання згоди громадян та їхньої поінформованості про способи використання і передачі їхньої особистої інформації.

Профілювання та прийняття рішень

Комерційні суб'єкти можуть використовувати алгоритми для аналізу даних із метою профілювання, що може впливати на рішення, пов'язані з

працевлаштуванням, житлом чи фінансовими послугами. Це викликає занепокоєння щодо справедливості та потенційної дискримінації.

Довіра до уряду

Остання група проблем, що стосується впровадження розумних міст та громад, зосереджується на занепокоєнні громадськості щодо потенційного використання цих ініціатив для здійснення урядового спостереження за громадянами.

Знаковим прикладом таких побоювань стали події 2013 року, коли колишній співробітник Агентства національної безпеки США (АНБ) Едвард Сноуден оприлюднив дані про існування глобальних програм масового спостереження. Серед них — програма PRISM, яка передбачала збір даних користувачів великих технологічних корпорацій, а також масовий збір метаданих телефонних розмов АНБ. Це викликало широку суспільну дискусію щодо балансу між національною безпекою та правами на приватність.

Для забезпечення захисту конфіденційності та зміцнення довіри громадян у контексті ініціатив розумних міст пропонуються такі стратегії:

Впровадження надійних політик конфіденційності

Розробка та впровадження чітких і суворих законодавчих норм, які регулюють процеси збору, зберігання та використання даних. Такі норми повинні надавати пріоритет захисту приватності громадян через чітко визначені правила та процедури.

Прозорість і підзвітність

Важливим фактором зміцнення довіри громадян є створення механізмів громадської підзвітності, що включають регулярне інформування про мету та масштаби збору їх приватної інформації.

Юридичні гарантії

Удосконалення правових механізмів для забезпечення відповідності заходів по збору даних громадян чинним законам і нормативним актам. Необхідно проводити регулярні аудити практик збору даних для контролю за їхньою відповідністю встановленим правовим стандартам і недопущення порушень прав громадян.

Висновок

Таким чином, ефективне вирішення проблем конфіденційності в розумних містах вимагає впровадження багаторівневого підходу, що включає технічні, правові та організаційні заходи, спрямовані на забезпечення етичного використання технологій у міському управлінні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ali, J., et al. "Trust-Based Secure Parking Allocation for IoT-Enabled Smart Cities." Sustainability, 2023.

2. Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big Data and smart urbanism. GeoJournal, 79, 1–14. DOI: 10.1007/s10708-013-9516-8

УДК 620.91: 330.567.4

Калініченко І.В.¹, Грушко С.С.²

¹ студ. гр. КНТЗ-513м НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІОТ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРИ

ІоТ моніторинг якості води набуває все більшої актуальності в сучасному світі, де ефективне управління водними ресурсами стає критично важливим. Ця технологія дозволяє в режимі реального часу відстежувати ключові параметри води, такі як температура, рН, вміст розчиненого кисню та забруднюючих речовин, забезпечуючи оперативне реагування на зміни.

Актуальність розробки ІоТ системи моніторингу води саме для аквакультур в Україні зумовлена поєднанням глобальних та локальних викликів. Зміна клімату призводить до підвищення температур та зміни режиму опадів, що безпосередньо впливає на водні екосистеми та умови вирощування риби. Водночас, триваюча війна створює додаткові ризики для водних ресурсів: обстріли можуть призводити до пожеж та руйнування промислових об'єктів, що спричиняє забруднення водою хімічними речовинами та продуктами горіння.

Аналіз існуючих рішень показує, що сучасні ІоТ системи для аквакультури можна розділити на декілька основних категорій:

- комплексні системи моніторингу (наприклад, AquaManager) забезпечують повний моніторинг параметрів води, автоматизацію годування та інтеграцію з системами управління фермою. Перевагами таких систем є всебічний моніторинг, інтеграція різних аспектів управління, однак вони мають високу вартість та відрізняються складністю впровадження;

- автономні буї та платформи (наприклад, MARIABOX) представляють собою плавучі пристрої, оснащені різноманітними сенсорами. Такі реалізації мають гарну мобільність і дають можливість моніторингу великих акваторій. До недоліків таких систем можна віднести обмежений час автономної роботи;

- системи раннього попередження (наприклад, AquaViews) спеціалізуються на виявленні потенційних загроз для здоров'я риб. Вони дозволяють швидко реагувати на проблеми, однак не захищені від хибних тривог;

- рішення на основі блокчейну (наприклад, FISHCOIN) забезпечують прозорість та простежуваність даних. Незважаючи на складність впровадження, такі системи забезпечують надійність даних та захист від підроби;

- системи з елементами штучного інтелекту (наприклад, Aquatracker) використовують машинне навчання для прогнозування, однак такі прогностичні можливості потребують великих масивів даних;

- енергоефективні рішення (наприклад, EsoAqua) розроблені для роботи в умовах обмеженої інфраструктури, вони характеризуються тривалою автономною роботою, але мають обмежену функціональність.

Для ефективного функціонування IoT системи моніторингу води необхідно контролювати ряд ключових параметрів, взаємозв'язок яких можна описати наступною формулою:

$$F(x) = K_1T + K_2O_2 + K_3pH + K_4N + K_5E, \quad (1)$$

де T – температура води;

O_2 – рівень розчиненого кисню;

pH – кислотність води;

N – рівень сполук азоту;

E – електропровідність;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 – вагові коефіцієнти.

Таблиця 1 – Порівняння IoT систем моніторингу

Тип системи	Переваги	Недоліки	Сфера застосування
Комплексна	Всебічний моніторинг	Висока вартість	Великі господарства
Автономна	Мобільність	Обмежений час роботи	Відкриті водойми
З елементами ШІ	Прогнозування	Складність навчання	Інтенсивна аквакультура
Енергоефективна	Автономність	Обмежена функціональність	Віддалені локації
Блокчейн	Надійність даних	Складність впровадження	Експортна продукція

Успішне впровадження IoT системи моніторингу води залежить від комплексу взаємопов'язаних факторів. Дослідження показують, що ці фактори можна розділити на три основні категорії: технічні, нормативні та економічні вимоги [1].

Технічні вимоги включають надійність сенсорів у водному середовищі, що є критичною для точності даних [2]. Важливими компонентами також є стабільність передачі даних, енергоефективність системи, точність вимірювань та захист від зовнішніх впливів. За проаналізованими даними [3], надійність сенсорів безпосередньо впливає на якість моніторингу та ефективність системи в цілому.

Щодо нормативних вимог, ключовими аспектами є відповідність національним стандартам та дотримання екологічних норм.

Також необхідно враховувати економічні аспекти, що охоплюють оптимальне співвідношення ціни та якості, витрати на обслуговування, термін окупності та масштабованість рішення. Дослідження [4] показує, що ефективне управління цими факторами може значно знизити загальну вартість володіння системою при збереженні її функціональності.

Аналіз тенденцій розвитку IoT систем моніторингу води для аквакультури виявляє декілька перспективних напрямків розвитку. Одним із ключових напрямків є інтеграція систем машинного навчання для вдосконалення прогностичних можливостей. Впровадження технологій граничних обчислень стає все більш важливим для оптимізації обробки даних. Це дозволяє суттєво зменшити затримку передачі даних та підвищити ефективність системи в цілому. Особливу увагу дослідники приділяють розвитку методів захисту від кібератак та забезпеченню конфіденційності даних, що стає все більш критичним в умовах зростання кількості підключених пристроїв та обсягів даних, що обробляються.

Таким чином, на основі проведеного аналізу встановлено, що успішність впровадження IoT систем моніторингу параметрів води залежить від збалансованого врахування технічних, нормативних та економічних факторів. Найбільш ефективними виявляються інтегровані рішення з функціями прогнозування та автоматизації, особливо ті, що використовують технології машинного навчання та граничних обчислень для підвищення точності моніторингу та зменшення затримок при передачі даних. Впровадження таких систем демонструє значний потенціал для підвищення ефективності аквакультурних господарств, особливо в контексті сучасних екологічних та інфраструктурних викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Boyd C. E., Tucker C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer Nature, 2022. P. 87-110.
2. Lee P. G., Lea R. N. Internet-based monitoring and control for aquaculture. Aquaculture Engineering. Elsevier, 2020. P. 785-815.

3. Parra L., Sendra S., García L., Lloret J. Design and Deployment of Low-Cost Sensors for Monitoring the Water Quality and Fish Behavior in Aquaculture Tanks during the Feeding Process. *Sensors*. 2018. Vol. 18, № 3. P. 750.

4. Jothiswaran V. V., Velmurugan A., Suresh Kumar R. IoT-Based Smart Aquaculture Monitoring System: A Comprehensive Review. *Aquaculture International*. 2022. Vol. 30. P. 1-25.

5. Probst W. N. How emerging data technologies can increase trust and transparency in fisheries. *ICES Journal of Marine Science*. 2020. Vol. 77, № 4. P. 1286-1294.

УДК 004.7

Степаненко О.О.¹, Тіменко А.В.^{2,3}, Карнаух Д.М.⁴

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² викл. Запорізький авіаційний фаховий коледж ім. О. Г. Івченка

³ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

⁴ студ. гр. КНТ-113м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМБІНОВАНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Постійне зростання складності та функціональності систем розумного будинку вимагає розробки ефективних методів керування, які б забезпечували надійність роботи при збереженні гнучкості налаштування. Особливої актуальності набуває задача оптимального поєднання централізованих та децентралізованих підходів до управління компонентами системи [1].

Аналіз існуючих рішень показує, що традиційні методи централізованого керування, хоч і забезпечують простоту координації, але мають суттєві недоліки в плані надійності та масштабованості [2]. Повністю децентралізовані системи, навпаки, демонструють високу відмовостійкість, але ускладнюють реалізацію комплексних сценаріїв автоматизації [1].

Невирішеною залишається проблема розробки оптимальної архітектури комбінованого керування, яка б дозволила ефективно розподіляти функції управління між центральним контролером та локальними вузлами з урахуванням специфіки різних підсистем розумного будинку. Потребують дослідження методи забезпечення узгодженої роботи розподілених компонентів та механізми відновлення після збоїв [1].

У результаті проведеного дослідження запропоновано метод комбінованого керування системами розумного будинку, що базується на розподілі функцій управління між центральним контролером та автономними модулями підсистем. Архітектура такого рішення представлена на рис. 1, де

показано взаємодію основних програмних компонентів системи через стандартизовані інтерфейси.

Центральний контролер забезпечує координацію роботи підсистем та реалізацію складних сценаріїв автоматизації, тоді як локальні модулі здійснюють безпосереднє керування пристроями та можуть функціонувати автономно при втраті зв'язку з центральним вузлом. Для обміну даними між компонентами використовується протокол MQTT, структура якого представлена на рис. 2.

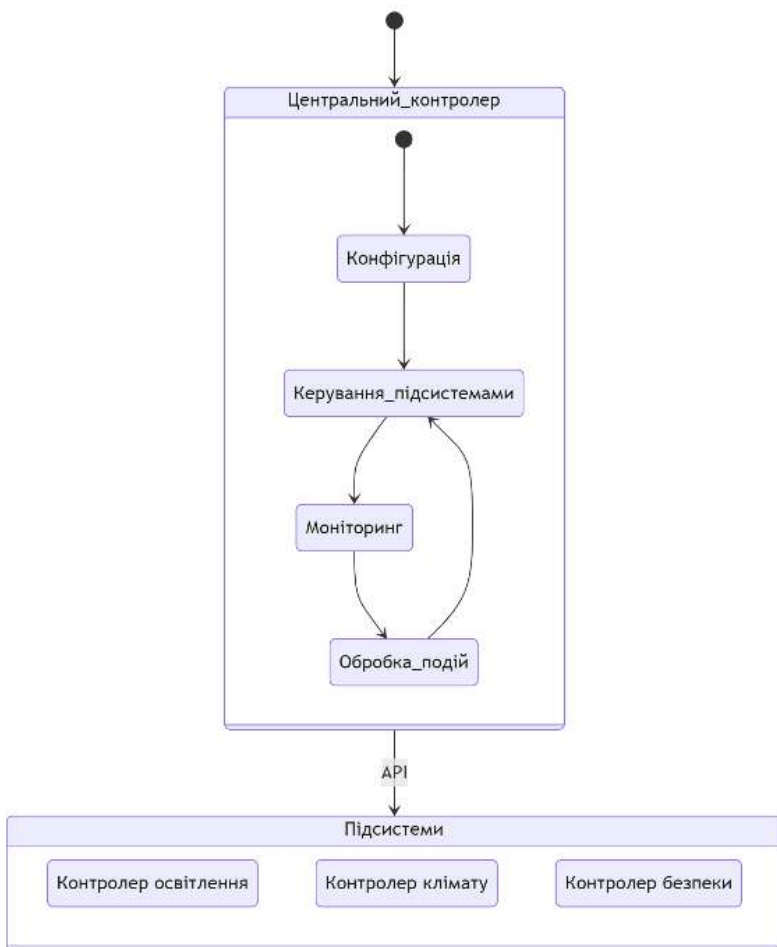


Рисунок 1 - Архітектура програмного забезпечення

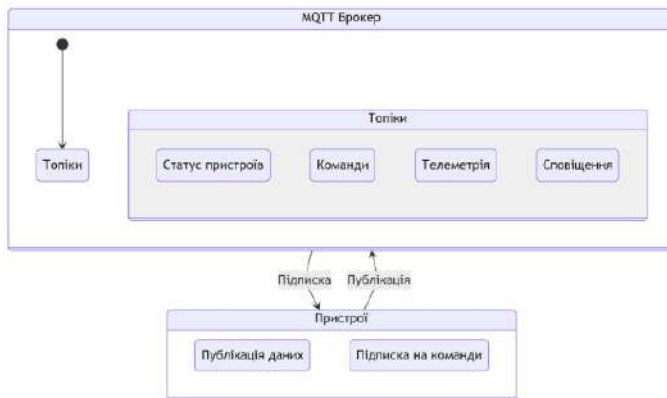


Рисунок 2 - Структура обміну даними через MQTT брокер

Важливим аспектом запропонованого методу є механізм обробки нештатних ситуацій, що включає буферизацію даних при втраті зв'язку, ізоляцію несправних підсистем та автоматичне відновлення після збоїв. Основні типи помилок та відповідні методи їх обробки систематизовано в табл. 1.

Таблиця 1 - Методи обробки помилок та відновлення

Тип помилки	Метод обробки	Механізм відновлення
Втрата зв'язку	Буферизація даних	Повторне підключення
Збій датчика	Ізоляція підсистеми	Перезапуск модуля
Конфлікт команд	Пріоритезація	Відкат до безпечного стану
Помилка конфігурації	Валідація	Завантаження резервної копії

Для забезпечення ефективної взаємодії компонентів розроблено архітектуру користувацького інтерфейсу. Вона реалізована як вебдодаток з використанням REST API та забезпечує єдину точку доступу до всіх функцій системи.

Експериментальні дослідження показали, що запропонований метод дозволяє досягти оптимального балансу між надійністю та гнучкістю системи. При втраті зв'язку з центральним контролером локальні модулі зберігають працездатність, а після відновлення з'єднання відбувається автоматична синхронізація стану системи.

В результаті проведеного дослідження запропоновано та обґрунтовано метод комбінованого керування системами розумного будинку, що поєднує переваги централізованого та децентралізованого підходів. Ключовою особливістю розробленого методу є оптимальний розподіл функцій

управління між центральним контролером та автономними модулями підсистем, що забезпечує високу надійність при збереженні можливості реалізації складних сценаріїв автоматизації. Розроблена архітектура програмного забезпечення, що базується на використанні протоколу MQTT для обміну даними та REST API для користувацького інтерфейсу, дозволяє створювати масштабовані рішення з гнучкими можливостями конфігурації. Експериментальна перевірка підтвердила ефективність запропонованого методу в умовах нестабільного зв'язку та можливих збоїв окремих компонентів системи.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розробці алгоритмів машинного навчання для оптимізації сценаріїв автоматизації та прогнозування можливих збоїв системи. Перспективним напрямком також є інтеграція розробленого методу з сучасними хмарними платформами для розширення функціональних можливостей системи та забезпечення віддаленого моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко В. В., Іванов І. І. Методи та засоби створення інтелектуальних систем керування "розумним будинком". Технічні науки та технології. 2023. № 2(28). С. 144-152.

2. Kumar S., Singh M. Smart Home Systems: Design and Implementation. IEEE Internet of Things Journal. 2023. Vol. 10, No. 2. P. 1132-1145.

УДК 004.932.2

Куліков Д.О.¹, Козіна Г.Л.²

¹ студ. гр. БКз-813м НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВИБІР КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ СТЕГАНОГРАФІЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЗОБРАЖЕННЯ

У відправника є цільове зображення, яке він бажає передати в прихованому вигляді. Для цього відправник використовує стеганографічний метод Дея, який дозволяє приховувати зображення в деякому контейнері. У відправника є набір контейнерів. Задачею дослідження є знайти такий контейнер, який досить якісно приховував цільове зображення і щоб витягнуте отримувачем зображення незначне відрізнялось від цільового.

В методі Дея призначене для вбудовування цільове зображення і кольоровий контейнер – BMP-файли – повинні бути однакового розміру. Контейнер і цільове зображення обидва розбиваються на три окремі кольорові площини, а саме R, G і B. Кожна площина зображень розбивається

на блоки розмірністю 8×8 . До кожного блоку застосовується дискретне косинусне перетворення.

Кожна кольорова площа цільового зображення приховується методом α -змішування у відповідних кольорових площинах контейнера. Таким чином формується стегоконтейнер – зображення, в якому приховане цільове зображення.

Для витягання цільового зображення отримувачу необхідно мати окрім стегоконтейнера (змішаного зображення) і початковий контейнер, а також значення α – коефіцієнта змішування.

Далі в дослідженні відбувається обчислення і порівняння статистичних показників викривлення компонентів кольору відповідно цільового зображення і витягнутого зображення.

Розглядаються такі показники викривлення: максимальна різниця, середня абсолютна різниця, нормована середня абсолютна різниця, нормована середньоквадратична похибка, відношення «сигнал/шум», якість зображення.

Запропонований підхід дозволяє досить якісно обирати контейнер для приховування зображення при стеганографічній передачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nilanjan Dey, Anamitra Bardhan Roy, Sayantan Dey, "A Novel Approach of Color Image Hiding using RGB Color planes and DWT", International Journal of Computer Applications, Volume 36 – No.5, December 2011.

УДК 658.15.012.8

Костенко В.О.¹, Власов Д.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. кафедри РТТ НУ «Запорізька політехніка»

² асп. кафедри РТТ НУ «Запорізька політехніка»

ОРГАНІЗАЦІЯ БАНКІВСЬКИХ ОПОРНИХ ПУНКТІВ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

В умовах дефіциту енергопостачання виникають проблеми банківського обслуговування населення. Для їх вирішення можна організувати мережу пересувних банківських опорних пунктів аналогічно «пунктам незламності». Звичайно, пересувні банківські опорні пункти, по-перше, не можуть бути повною копією стаціонарних відділень банку апріорі, по-друге, вони повинні відповідати вимогам Постанови НБУ № 417 Про здійснення банками фінансового моніторингу [1].

Для розміщення таких пунктів пропонується використовувати мобільні офіси, засновані на складних контейнерах CAEL Mobile House/Portable Office

(рис. 1). Ці контейнери являють собою універсальне рішення, що забезпечує простір для тимчасового розміщення робочих місць і офісного обладнання. При розгортанні контейнер надає місце для встановлення необхідної інфраструктури: робочих столів, систем зв'язку та безпеки, створюючи повноцінний офіс для організації банківських послуг. Мобільні офіси легко транспортуються, швидко встановлюються і оснащені основними зручностями, такими як вбудовані туалет і вентиляція.



Рисунок 1 - Foldable Mobile House/Portable Office 19x20ft

Усередині мобільного офісу розташовується серверна система (рис. 2), яка є ядром запропонованої архітектури і має доступ до мережі інтернет завдяки системі Starlink (вона завжди працює від резервного живлення). Система серверів передбачає наявність одного основного сервера на x86-архітектурі та двох резервних серверів на базі ARM--архітектури. Основний сервер на архітектурі x86 служить центральним вузлом для обробки транзакцій в умовах штатного режиму за наявності електропостачання від міської мережі. Він має мінімально необхідну обчислювальну потужність і приймає всі запити клієнтів, обробляючи дані та підтримуючи банківські операції в нормальних умовах.

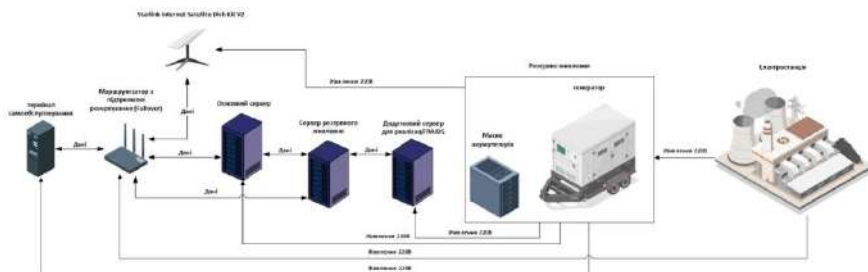


Рисунок 2 - Структура системи

В умовах аварійного вимкнення основного сервера включаються резервні ARM-сервери [2], які реалізують розподіл даних і паритетних блоків на основі алгоритму RAID 5. У пропонованій системі алгоритм RAID 5 використовується не для фізичного зберігання даних, а для розподілу транзакційних даних в оперативній пам'яті серверів, для забезпечення їхнього захисту в режимі реального часу. Алгоритм RAID 5 працює як концептуальна ідея в реалізації програмного забезпечення, що дозволяє: перехоплювати мережевий трафік на низькому рівні, витягаючи байти даних, які потім перетворюються в блоки для паритету і розподіляться між серверами. Таким чином можна гарантувати відмовостійкість системи на достатньому рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про здійснення банками фінансового моніторингу: Постанова НБУ станом на 26 червня 2015 р. № 417. URL: http://www.sdfm.gov.ua/documents.php?cat_id=31&doc_id=505&lang=uk&page=1
2. Світлична В.Ю., Дериволков В.О. Організаційні аспекти здійснення банківського фінансового моніторингу: Економіка та суспільство. Випуск № 15 (2018). С. 739–745.

УДК 004.75

Kudermetov Ravil¹, Polska Olga², Shkarupilo Vadym³, Shcherbak Natalia²

¹ PhD, Head of CSN Department NU Zaporizhzhia Polytechnic

² Senior lecturer NU Zaporizhzhia Polytechnic

³ Dr.Sc., G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of the NAS of Ukraine

AN APPROACH TO EVALUATION RELIABILITY OF MCDM METHODS

Multi-criteria decision-making methods (MCDM) support selecting the most suitable alternative from a set of competing alternatives $A = (A_1, \dots, A_i, \dots, A_m)$. The suitability of alternative Q or an overall performance measure, is assessed using the MCDM methods algorithm and procedures based on criteria $C_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ij}, \dots, c_{in})$ with specific values for each alternative. Criteria are usually normalized, so their values are $0 < c_{ij} < 1$. Each criterion has a certain significance (weight) for the decision-maker (DM):

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n), \quad 0 < w_j < 1, \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (1)$$

Thus, the overall performance of the alternative can be written as a function:

$$Q_i = f(C_i, W), \quad i = 1, \dots, m, \quad 0 < Q_i < 1 \quad (2)$$

The performance measure of alternatives significantly depends on the selected criteria weights. Therefore, the weights' selection errors significantly influence on positions of alternatives in the final ranking. In [1], the accuracy of the weight estimation process by evaluators was experimentally studied and was shown that in the case of a uniform distribution of errors, the range of change in weights is 8,66% for 60% of evaluators.

Many researchers of the MCDM methods use the Monte Carlo simulation method to assess the impact of changes in input criteria, weights, and other parameters of a decision-making problem on the results of ranking alternatives [2, 3]. Figure 1 shows the result of such a simulation, which we obtained for assessing the ranks of seven alternatives when changing the weights of the criteria in the range of 10%. The popular 'Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution' (TOPSIS) MCDM method [4] was used. As can be seen from the Fig. 1, when determining the positions of alternatives once, two ranking options can be obtained, namely $(A_7 > A_2 > A_6 > A_1 > A_5 > A_3 > A_4)$ or $(A_7 > A_2 > A_6 > A_5 > A_1 > A_3 > A_4)$. Changing the order of items in a list of alternatives is known as the phenomenon of rank reversal [3, 5]. The rank reversal indicates that the DM risks receiving an incorrect ranking of alternatives when the alternatives' criteria values are close and there is an error range in the values of the criteria weights. From this, one can interpret the reliability of the MCDM method as the probability that it will produce a correct ranking of alternatives when their performance measures are evaluated once.

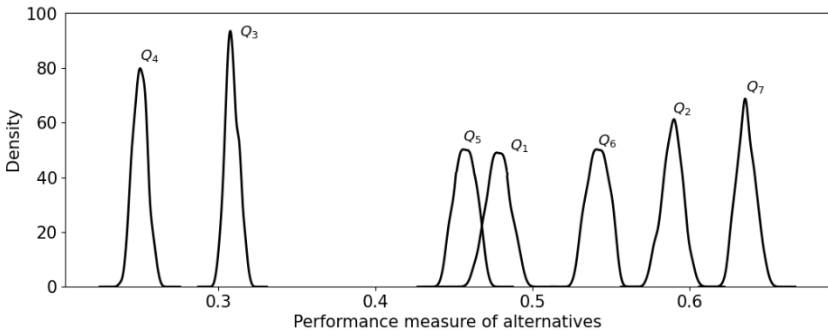


Figure 1 – Distributions of alternatives' overall performance measure

Let us denote the perturbed weights as $W' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_n)$, where $w'_j = w_j \pm \delta w_j$; δw_j is a uniformly distributed random variable of error, which is generated at each repetition of the Monte Carlo simulation process. Then the performance measure of each alternative is a random variable

$$X_i = f(C_i, W'), \quad (3)$$

taking values $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}$, where N is the sample size.

Thus, a Monte Carlo simulation results in a set of samples $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$. Let us introduce into consideration a set of samples $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$, which is the set X with the reordered in descending order of values of means $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$, $\bar{x}_i = (x_{i1} + \dots + x_{iN}) / N$. Therefore, the set Y is such that the samples' mean values $\bar{y}_1 > \bar{y}_2 > \dots > \bar{y}_{m-1} > \bar{y}_m$. Let us make samples of differences $\Theta_1 = Y_1 - Y_2$, $\Theta_2 = Y_2 - Y_3$, ..., $\Theta_{m-1} = Y_{m-1} - Y_m$. Each of these samples Θ_i consists of values $\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{iN}$, $\theta_{ik} = y_{ik} - y_{i+1,k}$. Since $0 < Q_i < 1$, it is evident that $\theta_{ik} < 1$. An example of the difference distribution is shown in Fig. 2. Positive values of the Θ_i sample elements correspond to the probability of non-intersection of the distributions Y_i and Y_{i+1} . Thus, the probability of non-intersection of these distributions can be calculated as the area under the Θ_i distribution curve that covers the values $\theta_{ik} \geq 0$ (shaded area in Fig. 2).

Let us assume that the distributions Θ_i are normal (Gaussian). Then the probability of non-intersection distributions Y_i and Y_{i+1} can be calculated as

$$\Pr(Y_i > Y_{i+1}) = \frac{1}{s_i \sqrt{2\pi}} \int_0^1 \exp\left(-\frac{(x - \bar{\theta}_i)^2}{2s_i^2}\right) dx, \quad (4)$$

where $\bar{\theta}_i$ and s_i are the sample mean and sample standard deviation of Θ_i .

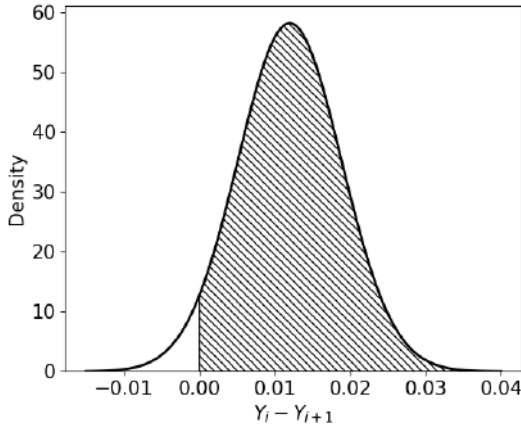


Figure 2 – Example distribution of difference distributions Y_i and Y_{i+1}

The probability that all adjacent distributions Y_i , Y_{i+1} do not intersect simultaneously is the product $\Pr(Y_1 > Y_2) \times \dots \times \Pr(Y_{m-1} > Y_m)$. This product of probabilities is proposed to be used as a lower limit of the MCDM method reliability:

$$R = \prod_{i=1}^{m-1} \Pr(Y_i > Y_{i+1}) \quad (5)$$

REFERENCES

1. J. Dujmović, *Soft Computing Evaluation Logic: The LSP Decision Method and Its Applications*. John Wiley & Sons, 2018.
2. A. Labijak-Kowalska, M. Kadziński, L. Dias. "Robustness analysis for imprecise additive value efficiency analysis with an application to evaluation of special economic zones in Poland," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 92, 2024, art. 101813
3. J. Mazurek, D. Strzałka, "On the Monte Carlo weights in multiple criteria decision analysis," *PLOS ONE*, 2022, vol. 17(10), art. e0268950.
4. S. Chakraborty. "TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis," *Decision Analytics Journal*, 2022, no 2, art. 100021.
5. P.K.D. Pramanik, S. Biswas, S. Pal, D. Marinković, P. Choudhury, "A Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Resource Selection in Mobile Crowd Computing," *Symmetry*, 2021, 13, art. 1713.

УДК 004.7

Куликовська Н.А.¹, Тіменко А.В.^{1,2}, Долинний І.С.³, Кухар М.В.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² викл. Запорізький авіаційний фаховий коледж ім. О. Г. Івченка

³ студ. гр. КНТ-513сп НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ЛІСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ДАНИХ ІОТ-СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У контексті стрімкого розвитку Інтернету речей (IoT) та зростання кількості пристроїв для моніторингу навколишнього середовища, задача ефективного виявлення аномалій у даних набуває критичного значення. За прогнозами IDC, до 2025 року кількість підключених IoT пристроїв досягне 41,6 мільярда [1], що призведе до генерації величезних обсягів даних, які потребують надійних методів аналізу та виявлення аномалій.

Аналіз останніх досліджень показує, що традиційні статистичні методи виявлення аномалій часто виявляються неефективними при роботі з багатовимірними даними IoT систем. Liu et al. [2] запропонували метод ізоляційного лісу (Isolation Forest), який демонструє перспективні результати у виявленні аномалій у великих наборах даних. Однак, питання ефективності цього методу для специфічних даних IoT систем моніторингу навколишнього середовища залишається недостатньо дослідженим.

Метою даної роботи є оцінка ефективності методу ізоляційного лісу для виявлення аномалій в даних IoT систем моніторингу навколишнього середовища, зокрема в даних про погодні умови (дощ, вітер, температура).

Метод ізоляційного лісу для виявлення аномалій в IoT даних базується на принципі, що аномальні значення легше ізолювати в дереві рішень. Алгоритм працює шляхом випадкового вибору ознаки та порогового значення для розділення даних, створюючи бінарне дерево. Аномалії визначаються як точки, що потребують меншої кількості розділень для їх ізоляції.

Для оцінки ефективності методу було використано набір даних IoT системи моніторингу погодних умов, який містить інформацію про три основні параметри: кількість опадів, швидкість вітру та температуру. Попередній аналіз даних показав наявність нерівномірного розподілу значень, що видно з гістограм розподілу параметрів (рис. 1).

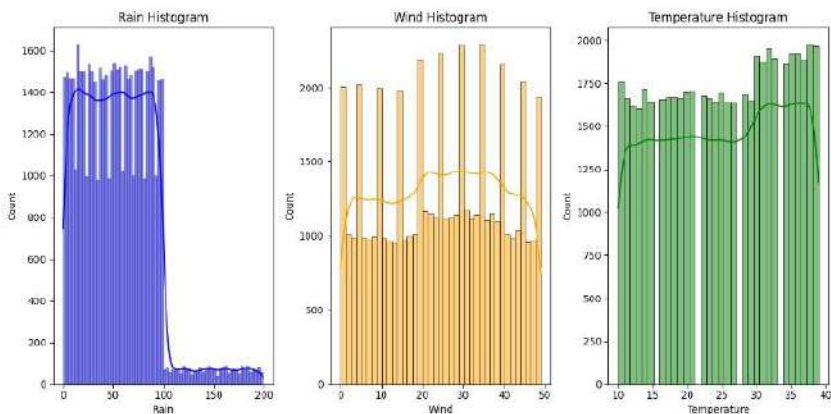


Рисунок 1 - Гістограми розподілу ознак (дощ, вітер, температура)

Алгоритм дослідження включав декілька послідовних етапів реалізації методу ізоляційного лісу. На першому етапі було проведено попередню обробку даних, що включала аналіз та візуалізацію розподілу значень параметрів навколишнього середовища, нормалізацію даних за допомогою StandardScaler та розділення набору даних на навчальну (80%) і тестову (20%) вибірки. Другий етап передбачав налаштування параметрів моделі ізоляційного лісу, зокрема встановлення параметру contamination=0.1, що відповідає очікуваній частці аномальних значень у наборі даних. На третьому етапі було проведено навчання моделі на тренувальному наборі даних та оцінку її ефективності на тестовому наборі за допомогою метрик точності, повноти та F1-міри. Заключний етап включав візуалізацію результатів виявлення аномалій та аналіз отриманих результатів для формування практичних рекомендацій щодо застосування методу в IoT системах моніторингу навколишнього середовища.

Результати експериментів показали, що метод ізоляційного лісу демонструє наступні показники ефективності:

- загальна точність (accuracy): 95.30%;
- precision для аномалій: 0.31;
- recall для аномалій: 0.02;
- F1-міра: 0.03.

Візуалізація результатів виявлення аномалій показала, що модель ефективно ідентифікує екстремальні значення в багатовимірному просторі ознак (рис. 2).

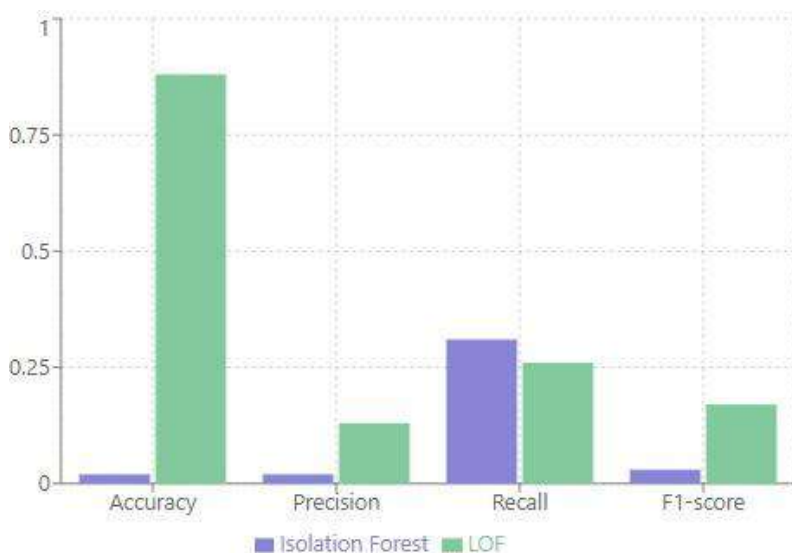


Рисунок 2 - Порівняння параметрів ізоляційного лісу та LOF

Проведене дослідження ефективності методу ізоляційного лісу для виявлення аномалій в даних IoT систем моніторингу навколишнього середовища дозволило зробити наступні висновки. Метод ізоляційного лісу продемонстрував високу загальну точність (95.30%) при виявленні аномалій в даних погодних умов, що підтверджує його придатність для аналізу IoT даних моніторингу навколишнього середовища. Водночас виявлено, що метод має певні обмеження при роботі з незбалансованими наборами даних, про що свідчать відносно низькі показники precision (0.31) та recall (0.02) для аномальних значень. Візуалізація результатів підтвердила здатність методу ефективно ізолювати аномальні значення в багатовимірному просторі ознак, що особливо важливо при аналізі взаємопов'язаних параметрів погодних умов.

Практична значимість отриманих результатів полягає в можливості застосування методу для автоматизованого виявлення аномальних погодних умов та потенційних збоїв в роботі IoT сенсорів. Перспективи подальших досліджень включають адаптацію параметрів методу для роботи з незбалансованими наборами даних, розробку гібридних підходів, що комбінують ізоляційний ліс з іншими методами виявлення аномалій, а також дослідження можливостей методу для роботи з потоковими даними в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Reinsel D., Gantz J., Rydning J. The Digitization of the World: From Edge to Core. IDC White Paper. 2018. November. 28 p.
2. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z. H. Isolation Forest. Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'08). Pisa, Italy, 2008. P. 413-422. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.17>.

УДК 004.7

Куликовська Н.А.¹, Тіменко А.В.^{1,2}, Пестов О.Д.³, Кичак А.А.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² викл. Запорізький авіаційний фаховий коледж ім. О. Г. Івченка

³ студ. гр. КНТ-513сп НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СЕРТИФІКАТІВ

В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючих цін на енергоносії, питання енергоефективності будівель набуває все більшої актуальності. За даними Міжнародного енергетичного агентства, будівлі споживають близько 40% світової первинної енергії та генерують приблизно 24% глобальних викидів CO₂. В Україні ця проблема стоїть особливо гостро через застарілий житловий фонд та неефективні системи опалення - будівлі споживають близько 40% всієї енергії країни [1].

Впровадження системи енергетичної сертифікації будівель є важливим кроком у напрямку підвищення їх енергоефективності. Проте процес сертифікації часто виявляється трудомістким та вимагає значних ресурсів. Аналіз останніх досліджень, зокрема робіт [2, 3], показує перспективність застосування автоматизованих методів класифікації для оцінки енергетичних характеристик будівель. Однак питання розробки ефективних моделей класифікації, які враховують специфіку українського будівельного фонду та системи енергетичної сертифікації, залишається недостатньо вивченим.

Метою даного дослідження є розробка та оцінка ефективності моделі класифікації будівель за класом енергетичної ефективності на основі даних з енергетичних сертифікатів України. Особлива увага приділяється вибору та обґрунтуванню параметрів моделі, що забезпечують високу точність класифікації при збереженні інтерпретованості результатів.

Для проведення дослідження використано набір даних з бази енергетичних сертифікатів Держенергоефективності України, доступний на порталі data.gov.ua. Початковий набір даних містив 4225 записів та включав різноманітні характеристики будівель. Після проведення попередньої обробки, яка включала видалення дублікатів та некоректних значень,

фінальний набір склав 3832 записи, що забезпечує репрезентативну вибірку для аналізу.

На етапі попередньої обробки даних було відібрано п'ять ключових характеристик будівель: об'єм, кількість поверхів, питоме енергоспоживання, функціональне призначення та клас енергетичної ефективності. Вибір цих характеристик базується на методиці визначення енергетичної ефективності будівель, затвердженій наказом №169 від 11.07.2018. Вигляд основних даних за функціональним призначенням показано на рис. 1.

[*]:

№	Місцезахо́нування об'єкта сертифікації	Населений пункт	Область	Функціональне призначення	Назва об'єкта сертифікації	Код згідно з ДК 010- 2000	Шифр проекту	Рік прийняття в експлуатацію	I	
0	1	місто Київ, вулиця Прохорівська Підвисоцького, бу.	м. Київ	Київ	Житловий будинок	ОСББ "Мотор"	NaN	NaN	1965	П
1	2	місто Київ, вулиця Воскресенська будинку 7	м. Київ	Київ	Житловий будинок	ОСББ "Воскресенський-7"	NaN	NaN	1966	Вол
2	3	місто Київ, вулиця Генерала Амосова будинку ...	м. Київ	Київ	Громадська будівля	Національний інститут стратегічних досліджень	NaN	NaN	1973	М
3	4	місто Луцьк, вул. Винниченка, 43	м. Луцьк	Волинська	Громадська будівля	Волинський науково-дослідний експертно-крим.	NaN	NaN	1978	Аб
4	5	місто Рівне, вул. Гагаріна 59	м. Рівне	Рівненська	Громадська будівля	Рівненський науково-дослідний експертно-крим.	NaN	NaN	1990	Аб
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4220	4221	місто Черкаси, вул. Прогресо́ва 38	м. Черкаси	Черкаська	Житловий будинок	Білопо́верський житловий будинок	NaN	NaN	1962	Шул
4221	4222	місто Черкаси, бу́ль. Шевче́но, 200	м. Черкаси	Черкаська	Житловий будинок	Білопо́верський житловий будинок	NaN	NaN	1978	Шул
4222	4223	місто Черкаси, вул. Гора́й Ді́трома 17/п	м. Черкаси	Черкаська	Житловий будинок	Білопо́верський житловий будинок	NaN	NaN	1998	Шул
4223	4224	місто Черкаси, вул. Гора́й Ді́трома 45/п	м. Черкаси	Черкаська	Житловий будинок	Білопо́верський житловий будинок	NaN	NaN	1986	Шул
4224	4225	м. Черкаси, вул. Бе́белі Вина́вченка, 2/п	м. Черкаси	Черкаська	Житловий будинок	Будівництво білопо́верського житлового будинку	NaN	NaN	Нове будівництво. Проект	К

4225 rows x 24 columns

Рисунок 1 - Вигляд основних даних

Для забезпечення коректної роботи моделі було проведено кодування категоріальних змінних. Функціональне призначення будівель закодовано методом one-hot encoding, а класи енергетичної ефективності переведено в числовий формат від 0 до 6, де 0 відповідає класу А, а 6 - класу G. Структуру нормалізованих даних представлено на рис. 2.

	class	volume	floors	energy	function_General	function_Громадська будівля	function_Дитячий дошкільний заклад	function_Житловий будинок	function_Заклад охорони здоров'я	function_Навчальний заклад
0	4	8097.0	5	120.0	0	0	0	1	0	0
1	6	12443.0	5	254.0	0	0	0	1	0	0
2	4	21583.0	8	92.0	0	1	0	0	0	0
3	0	4350.7	3	110.44	0	1	0	0	0	0
4	0	2337.57	2	202.8	0	1	0	0	0	0
4220	6	9158.35	10	272.4	0	0	0	1	0	0
4221	6	28252.22	16	240.3	0	0	0	1	0	0
4222	6	14877.70	10	230.2	0	0	0	1	0	0
4223	6	10407.36	9	222.9	0	0	0	1	0	0
4224	2	7170.0	9	84.14	0	0	0	1	0	0

Рисунок 2 – Нормалізовані дані

При розробці моделі класифікації особлива увага приділялася вибору оптимальних параметрів та критеріїв оцінки. Набір даних було розділено на навчальну (70%) та тестову (30%) вибірки з використанням стратифікації для збереження пропорцій класів. Для оцінки ефективності моделі використовувалася метрика точності (accuracy).

Результати тестування моделі показали високу ефективність: досягнуто точність 95.30% при використанні критерію Джині та 95.04% при використанні критерію ентропії. Порівняння точності моделей представлено на рис. 3, а детальний аналіз результатів класифікації для моделі з критерієм Джині показано на рис. 4.

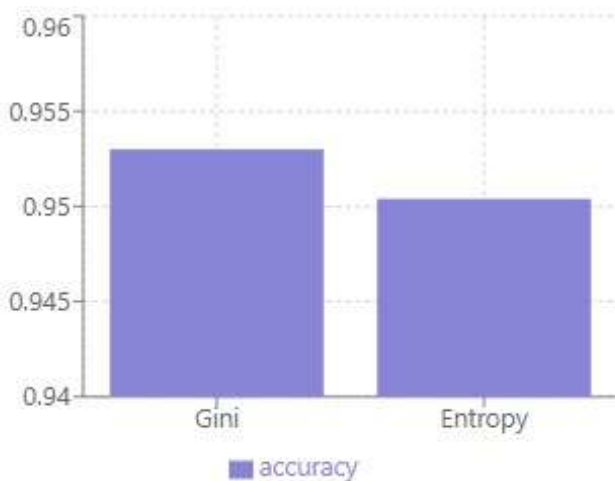


Рисунок 3 - Порівняння точності моделей

Ця кругова діаграма візуалізує співвідношення правильних та неправильних прогнозів для моделі з критерієм Джині. Зелений сектор представляє правильні прогнози (1096), а оранжевий - неправильні (54). Ця візуалізація яскраво демонструє високу ефективність нашої моделі, де правильні прогнози значно переважають неправильні.



Рисунок 4 - Результати класифікації (модель Gini)

Висока точність класифікації досягнута завдяки ретельній попередній обробці даних та вибору інформативних характеристик будівель. Важливо відзначити, що модель зберігає інтерпретованість результатів, що є критичним фактором для практичного застосування в сфері енергетичного менеджменту.

У результаті проведеного дослідження розроблено та протестовано модель класифікації енергоефективності будівель на основі даних енергетичних сертифікатів. Створена модель демонструє високу точність класифікації - понад 95% на тестовій вибірці, що підтверджує ефективність обраного підходу до вирішення задачі. Використання таких характеристик будівель як об'єм, кількість поверхів, питоме енергоспоживання та функціональне призначення виявилося достатнім для точної класифікації, що підтверджує інформативність обраних параметрів.

Порівняння різних критеріїв оцінки показало стабільність результатів - різниця в точності між моделями склала лише 0.26%, що свідчить про надійність розробленого підходу. Важливим аспектом є також збереження інтерпретованості результатів, що робить модель придатною для практичного застосування в сфері енергетичного менеджменту.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості автоматизації процесу енергетичної сертифікації будівель, що може значно скоротити час та ресурси, необхідні для оцінки енергоефективності. Модель може бути використана як інструмент підтримки прийняття рішень при плануванні заходів з підвищення енергоефективності будівель.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення набору вхідних параметрів моделі, включення додаткових характеристик будівель та адаптацію моделі до різних кліматичних зон України. Перспективним напрямком є також інтеграція розробленої моделі з системами "розумних" будівель для реалізації автоматизованого моніторингу енергоефективності в режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*. 2008. Vol. 40, № 3. P. 394-398. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
2. Zhao H. X., Magoulès F. A review on the prediction of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16, № 6. P. 3586-3592. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.049>
3. Pacheco R., Ordóñez J., Martínez G. Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16, № 6. P. 3559-3573. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.045>

УДК 004.62

Куликовська Н.А.¹, Тіменко А.В.^{1,2}, Трохимчук В.Є.³, Тіменко К.І.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² викл. Запорізький авіаційний фаховий коледж ім. О. Г. Івченка

³ студ. гр. КНТ-522 НУ «Запорізька політехніка»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ NLTK ТА ТЕКТВЛОВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ УКРАЇНОМОВНИХ ТЕКСТІВ

Стрімкий розвиток соціальних мереж та збільшення об'єму текстового контенту в інтернеті створює потребу в ефективних інструментах автоматизованого аналізу тональності текстів. Особливо актуальним є питання обробки україномовного контенту, що вимагає адаптації існуючих методів та оцінки їх ефективності [1]. Аналіз тональності тексту знаходить широке застосування у моніторингу соціальних медіа, аналізі відгуків користувачів, оцінці суспільних настроїв та інших сферах [2].

Дослідженню методів аналізу тональності присвячено значну кількість робіт. Зокрема, активно вивчаються підходи на основі машинного навчання та нейронних мереж [3], досліджуються лінгвістично-орієнтовані методи з урахуванням морфологічних особливостей конкретних мов [4]. Особлива увага приділяється аналізу текстів соціальних мереж та відгуків користувачів [5]. Порівняльний аналіз ефективності різних методів та бібліотек, зокрема NLTK та TextBlob, проводиться за показниками точності та швидкодії [6].

Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання ефективності застосування популярних бібліотек аналізу тональності для обробки україномовних текстів, зокрема порівняльного аналізу можливостей NLTK та TextBlob у цьому контексті.

В рамках дослідження проведено порівняльний аналіз бібліотек NLTK та TextBlob для задачі аналізу тональності україномовних текстів. Порівняння здійснювалося за критеріями точності виявлення емоційного забарвлення, швидкодії та зручності використання.

З бібліотеки NLTK використано інструмент "Аналіз настроїв VADER", що генерує оцінки позитивної, негативної та нейтральної тональності тексту, та токенизатор "word_tokenize" для розбиття тексту на менші одиниці. Для морфологічного аналізу україномовних текстів, через відсутність відповідного корпусу в NLTK, застосовано бібліотеку rymorphy2.

Загальна блок-схема процесу аналізу тональності представлена на рис. 1.

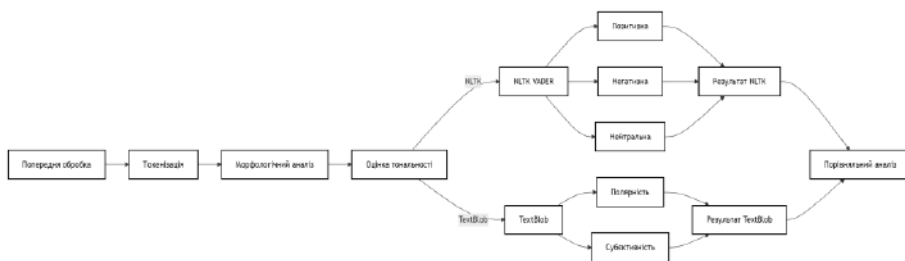


Рисунок 1 – Блок-схема аналізу тональності тексту

Експериментальне порівняння методів проведено на наборі україномовних текстів. Для порівняння двох методів був розроблено програмний модуль, який рахує час роботи кожного алгоритму за однаковими вхідними текстовими даними (рис. 2).

```

11
12 # Аналіз тональності з використанням NLTK
13 start_time = time.time()
14 sentiment_scores = sia.polarity_scores(text)
15 end_time = time.time()
16 # Визначення тональності з використанням NLTK
17 if sentiment_scores['compound'] >= 0.05:
18     sentiment = "Positive"
19 elif sentiment_scores['compound'] <= -0.05:
20     sentiment = "Negative"
21 else:
22     sentiment = "Neutral"
23 print(f"NLTK Sentiment: {sentiment}")
24 print(f"NLTK Execution Time: {end_time - start_time:.6f} seconds")
25 # Аналіз тональності з використанням TextBlob
26 start_timet = time.time()
27 blob = TextBlob(text)
28 sentiment = blob.sentiment.polarity
29 end_timet = time.time()
30 # Визначення тональності з використанням TextBlob
31 if sentiment > 0:
32     sentiment_label = "Positive"
33 elif sentiment < 0:
34     sentiment_label = "Negative"
35 else:
36     sentiment_label = "Neutral"
37 print(f"TextBlob Sentiment: {sentiment_label}")
38 print(f"TextBlob Execution Time: {end_timet - start_timet:.6f} seconds")

```

Рисунок 2 - Порівняння за швидкістю методи NLTK та TextBlob

Результати оцінювання за основними критеріями наведено в табл. 1. NLTK демонструє вищу точність аналізу (80%) та кращі можливості налаштування, проте вимагає більших зусиль у конфігурації та має нижчу швидкодію. TextBlob, маючи дещо нижчу точність (70%), відзначається простотою використання та вищою швидкістю обробки даних.

Таблиця 1 - Порівняння методів аналізу тональності

Метод	Точність виявлення	Зручність використання	Гнучкість та налаштованість
NLTK	80%	70%	90%
TextBlob	70%	90%	60%

У роботі проведено порівняльний аналіз ефективності методів NLTK та TextBlob для аналізу тональності україномовних текстових даних. В результаті експериментального дослідження встановлено, що NLTK забезпечує вищу точність аналізу (80%) та кращі можливості налаштування, проте вимагає більших зусиль при конфігурації. TextBlob демонструє нижчу

точність (70%), але відзначається простотою використання та вищою швидкістю обробки даних. Експериментально підтверджено, що TextBlob виконує аналіз тексту в середньому вдвічі швидше за NLTK.

Практична цінність отриманих результатів полягає у визначенні оптимального інструменту аналізу тональності залежно від конкретних вимог: для задач, що потребують високої точності, доцільно використовувати NLTK, а для швидкого аналізу великих обсягів даних - TextBlob. Подальші дослідження варто спрямувати на розробку гібридних методів, що поєднуюватимуть переваги обох підходів, та їх адаптацію для специфіки україномовних текстів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Куликовська Н. А. Дослідження методів аналізу тональності текстових даних / Н. А. Куликовська, А. В. Тіменко, В. Є. Трохимчук, М. Б. Ільяшенко // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2024. № 1(88). С. 235-230.

2. Mukasheva A. Tasks and methods of text sentiment analysis. Scientific journal of astana IT university. 2021. No. 7. P. 55-62.

3. Abonizio H. Q., Paraiso E. C., Barbon Junior S. Toward text data augmentation for sentiment analysis. IEEE transactions on artificial intelligence. 2021. P. 1.

4. Yao J. Automated sentiment analysis of text data with NLTK. Journal of physics: conference series. 2019. Vol. 1187, no. 5. P. 60-78.

5. Jin Y. et al. A review of text sentiment analysis methods and applications. Frontiers in business, economics and management. 2023. Vol. 10, no. 1. P. 58-64.

6. Poria S., Hussain A., Cambria E. Concept extraction from natural text for concept level text analysis. Multimodal sentiment analysis. Cham, 2018. P. 79-84.

УДК 621

Лізунов С.І.¹, Верещака М.П.², Філобок Є.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172-12 НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ПРОТИДІЇ ВІРУСАМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Штучний інтелект (ШІ) суттєво трансформує сучасний світ, стимулюючи розвиток технологій у різних сферах, таких як медицина, логістика, автомобільна індустрія та кібербезпека. Однак, поряд з позитивними змінами, ШІ може також використовуватись у злочинних цілях, особливо в кіберпросторі. Одним із загрозливих наслідків його застосування

є поява нових типів комп'ютерних вірусів. Віруси, створені за допомогою ШІ, здатні до самонавчання, адаптації до захисних систем і автоматичної зміни свого коду, що ускладнює їх виявлення та нейтралізацію.

Адаптивні віруси є новітніми загрозами у сфері комп'ютерної безпеки, які використовують штучний інтелект для підвищення своєї ефективності та уникнення виявлення. Головна особливість таких вірусів полягає в здатності адаптуватися до змін у системі та заходів захисту, що ускладнює їхнє виявлення та ліквідацію. ШІ дозволяє їм автоматично аналізувати поведінку системи, виявляти вразливі місця та модифікувати свій код для обходу антивірусних програм. Наприклад, ці віруси можуть змінювати свою кодову структуру під час розповсюдження [1], щоб уникнути сигнатурного виявлення. Їхня здатність до самонавчання та еволюції, використання даних про систему для вдосконалення атак і підвищення захисту від виявлення робить адаптивні віруси особливо небезпечними.

Віруси зі змінним шифруванням (або поліморфні віруси) складні для виявлення завдяки здатності змінювати код під час кожного зараження [2]. Ці віруси використовують різні методи шифрування свого основного коду, роблячи кожен нову версію унікальною. Під час кожного інфікування вони генерують нову версію з іншим ключем шифрування, що дозволяє уникнути виявлення за сигнатурою. При цьому ядро вірусу залишається незмінним, виконуючи свою шкідливу дію після розшифровки. Поліморфні віруси часто використовують ШІ для автоматизації та оптимізації процесу шифрування, що ускладнює їх ідентифікацію антивірусними системами.

Генеративно-змагальні мережі (GAN) — це потужний інструмент ШІ, здатний створювати дані, схожі на вихідні, завдяки взаємодії генератора і дискримінатора. У контексті комп'ютерних вірусів GAN може генерувати нові, унікальні зразки шкідливого програмного забезпечення (ПЗ), які обходять системи виявлення. Генератор створює модифіковані версії вірусів, які виглядають легітимно, а дискримінатор навчається відрізняти справжні віруси, допомагаючи генератору вдосконалювати техніки маскування. GAN можуть також застосовуватися для створення поліморфних або мутаційних вірусів, які постійно змінюють код і таким чином уникати детекції.

Фішингові атаки на основі обробки природної мови (NLP) стають все більш популярними завдяки можливостям ШІ. NLP дозволяє створювати персоналізовані та переконливі повідомлення, які важко відрізнити від справжніх. Основні техніки включають адаптацію мови під стиль спілкування жертви, автоматичне генерування персоналізованих повідомлень для багатьох цілей і імітацію діалогу через чатботи, що переконують користувача надати конфіденційну інформацію. Також NLP дозволяє використовувати соціальну інженерію для маніпуляцій, апелюючи до емоцій або побоювань жертви.

Ботнети, які об'єднують в мережу заражені пристрої, отримали новий рівень автономності завдяки ШІ. Замість постійного контролю кіберзлочинцями, ботнети з ШІ можуть працювати автономно, приймаючи рішення та адаптуючись до обставин. Основні риси таких ботнетів: здатність до адаптивного навчання та аналізу середовища, що дозволяє підлаштовувати атаки; автономне управління, що дає змогу уникати централізованих команд; ефективне маскування, яке ускладнює виявлення; а також використання децентралізованих мереж для зниження залежності від командного центру.

Традиційні антивірусні програми використовували сигнатурний метод для виявлення шкідливого ПЗ порівнюючи файли із заздалегідь відомими зразками вірусів. Проте з появою складніших та динамічних загроз, таких як поліморфні та метаморфічні віруси, цей підхід втрачає свою ефективність. Антивірусні системи на основі ШІ здатні виявляти нові загрози завдяки алгоритмам машинного навчання, що аналізують поведінкові патерни програм [3]. Використовуючи глибокі нейронні мережі, ці системи можуть розпізнавати аномалії та небезпечну поведінку навіть у випадках, коли загроза ще не була класифікована.

Динамічний аналіз у пісочницях (sandboxing) є ключовим методом для виявлення та дослідження комп'ютерних вірусів, створених із використанням ШІ. Цей підхід дозволяє ізолювати підозрілі програми в контрольованому середовищі, де вони можуть виконуватись без загрози для основної операційної системи чи інших додатків.

Сьогодні хмарні технології набувають популярності у сфері кібербезпеки, пропонуючи інноваційні підходи до захисту від комп'ютерних вірусів, зокрема тих, які створюються за допомогою ШІ. Хмарні рішення забезпечують централізований контроль загроз і можливість активної протидії, що дозволяє організаціям оперативно реагувати на нові виклики. Один з ключових аспектів хмарної безпеки полягає у використанні розподілених систем для виявлення та блокування шкідливого ПЗ. Ці системи аналізують великі обсяги даних у реальному часі, що дає змогу ідентифікувати аномалії в поведінці користувачів і пристроїв. Завдяки алгоритмам машинного навчання та ШІ хмарні рішення можуть адаптуватися до нових загроз, навчатись на історичних даних і підвищувати свою ефективність з часом.

Сучасні системи захисту часто виявляються недостатньо ефективними проти адаптивних і самонавчальних загроз. Тому вкрай необхідно розробляти нові стратегії та інструменти для протидії вірусам, створеним за допомогою ШІ. Дослідження передових методів захисту, таких як антивірусні системи з використанням ШІ, поведінковий аналіз, динамічний аналіз у пісочницях та інші інноваційні підходи, є ключовими для забезпечення ефективного кіберзахисту в умовах сучасних загроз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cybersecurity challenges in the age of AI: Theoretical approaches and practical solutions [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fepbl.com/index.php/csitrj/article/view/930/1144>
2. О.С. Саприкін, Models and methods for diagnosing Zero-Day threats in cyberspace, Вісник Сучасних Інформаційних Технологій. 4 (2021) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hait.od.ua/index.php/journal/article/download/107/160/95>
3. Machine learning in cybersecurity: A review of threat detection and defense mechanisms [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/378208150_Machine_learning_in_cybersecurity_A_review_of_threat_detection_and_defense_mechanisms.

УДК 004.056

Лізунов С.І.¹, Макаренко Є.С.², Заїка Д.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-822 НУ «Запорізька політехніка»

ЗАХИСТ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Зазвичай, для усунення просочування інформації по акустичному каналу, застосовують або звукоізоляцію, або генератори корельованих акустичних перешкод. У першому випадку (пасивний метод) потрібні значні витрати часу на проведення робіт по звукоізоляції. У другому випадку (активний метод) наявність генераторів шуму створює дискомфорт при проведенні переговорів. Саме випромінювання є демаскуючою ознакою, що полегшує зловмисникам визначити час і місце переговорів. Недоліки обох перелічених вище методів можуть бути зменшені при застосуванні систем активного пригнічення акустичних шумів (Active Noise Control, Active Noise Cancellation, ANC, Active Noise Reduction, ANR). Системи такого активного шумозаглушення ґрунтуються на процесі інтерференції хвиль. Попри те, що сам по собі метод дозволяє ефективно пригнічувати навколишні звуки, реальні пристрої не завжди справляються з цим завданням, особливо з акустичними коливаннями з частотою більше 1000 Гц. Річ у тому, що на реєстрацію звуку і обчислення протилежної хвилі у мікроконтролера йде деякий час. Через це звук, що випромінюється ним, вже не повністю протилежний до звуку, що входить, а відстає від нього по фазі. Цей недолік можна зменшити, якщо сигнал, який потрібно подавити, подавати на вхід такого пристрою по електричному або електромагнітному каналу. Завдяки тому, що електричний сигнал поширюється швидше за звукові коливання, прилад починає обробляти сигнал ще до його приходу у вигляді акустичної

хвилі. Шумозаглушення таких систем працює для звуків з частотою до 4 кГц, що є досить прийнятним для спектру мовної інформації. Таким чином, на межах контрольованої зони можна знизити рівень акустичних хвиль від джерел інформації з обмеженим доступом до безпечної величини. [1] Такі системи можна також з успіхом використовувати в режимних приміщеннях, де циркуляція акустичної (мовної) інформації заборонена взагалі. Технологія активного звукопридушення (шумопридушення) вже добре зарекомендувала себе в повсякденному використанні. Вона також є перспективною і для сфери захисту інформації.

Така система передбачає використання активних методів захисту - створення протифазних сигналів. Вони формуються з отриманого мікрофоном звукового сигналу, який перетворюється таким чином, що зберігає початкову амплітуду, але змінює фазу на 180 градусів. Далі він подається на акустичний випромінювач (динамік) і створює, сигнал ідентичний вхідному по спектру, але протилежний по фазі. В результаті таких дій в каналі витоку акустичної інформації, в ідеальному випадку, повинна бути тиша.

Використання на практиці розробленої системи, може суттєво допомогти у проведенні безпечних переговорів та приховати сам факт перемовин в даному місці.

Подальше удосконалення такої моделі можливе, якщо врахувати такі залежності (характеристики) приміщення між точкою розташування джерела звуку, що придушується (доповідач), і точками каналів витоку акустичної інформації на границях контрольованої зони: часові (час поширення акустичної хвилі),- частотні (АЧХ і ФЧХ), ревербераційні (відбиття звукових хвиль від перешкод). [2] Ці характеристики можуть бути зняті завчасно і внесені в електронні блоки управління, які виробляють пригнічуючі сигнали. У цьому випадку кожен блок заздалегідь готовий до перетворення отриманого від мікрофона сигналу з метою вироблення максимально ефективного сигналу придушення. При цьому, в принципі, можна взагалі відмовитися від використання додаткових мікрофонів біля кожного каналу витоку мовної інформації. Подальше вдосконалення системи активного придушення звуку направлено на підвищення її ефективності, прихованості факту та місця проведення переговорів, зменшення енергоспоживання системи.

В такій системі будуть придушуватися тільки звуки, які існують біля основного мікрофону (акустична інформація, яку слід захистити), не порушуючи решту нережимної частини звукової «картини» (шуми навколишнього середовища як в межах контрольованої зони, так і за її межами). Ці сторонні звуки, крім того, також будуть ускладнювати злоумисникам зняття інформації, що приховується. [2]

Крім того, такий підхід до захисту мовної інформації відкриває прямий шлях до застосування штучного інтелекту. [3]

Для визначення якості придушення (маскування) акустичної інформації застосовують методи оцінки якості передачі мови [4], які можна розділити на дві великі групи: суб'єктивні експертні методи і об'єктивні методи.

Артикуляційні випробування є суб'єктивним способом оцінки розбірливості. Головними перевагами артикуляційних випробувань є універсальність та відносна простота. Серйозною та самостійною складною проблемою методу артикуляційних випробувань є створення спеціальних таблиць артикуляції. [5, 6]

Для української мови донедавна не було складено таблиць артикуляції. З їх появою [5, 6] виникла можливість проаналізувати метод визначення розбірливості мовного сигналу на межі зони безпеки стосовно української мови.

Кількісний вимір якості передачі мовлення має власну специфіку і труднощі, які виникають при інших видах вимірювань. Ці проблеми визначаються тим, що кінцевими вузлами будь-якої системи (тракту) передачі мови є людина – абонент.

Тому якість мови, що передається, залежить не тільки від досконалості апаратури, а й від властивостей голосового апарату людини, яка говорить (диктора), а якість прийому залежить від властивостей слуху людини (аудитора).

Відомо, що мовні особливості та властивості слуху не тільки у різних людей, але й навіть для однієї людини можуть значно змінюватись і варіюватись залежно від впливу зовнішніх факторів та внутрішнього психофізичного стану.

Сам процес мови та комбінаційних факторів, які впливають на її сприйняття, настільки різноманітні, що найчастіше доводиться використовувати статистичні методи вимірювань, які дозволяють отримати деякі стабільні середні величини від великої кількості елементарних вимірів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лізунов С.І. Захист мовної інформації з використанням систем активного звукопридушення/Лізунов С.І., Філобок Є.В// Захист інформації. Ukrainian information security research journal. Том 23, №1 (2021), с. 20-25.

2. Лізунов С.І. Удосконалена система активного придушення звуку /Лізунов С.І., Філобок Є.В// Захист інформації. Ukrainian information security research journal. Том 23, №4, жовтень-декабрь 2021, с. 221-225.

3. Лізунов С.І. Аналіз можливостей використання штучного інтелекту у сфері захисту мовної інформації / С.І. Лізунов, Є.В. Філобок // Тиждень науки 2023: щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих

вчених, аспірантів та здобувачів вищої освіти НУ «Запорізька політехніка», 24-28 квітня 2023 р.: тези доповідей. - Запоріжжя, 2023.- С. 104-105.

3.НД ТЗІ – Р – 001 – 2000. Засоби активної захисту мовної інформації з акустичними та віброакустичними джерелами випромінювання. Класифікація та загальні технічні вимоги. НД ТЗІ – Р – 001 – 2000. ДСТСЗІ СБ України. – Київ.: – 2000. – 9 с.

4. Лізунов С.І. Аналіз варіантів розрахунку розбірливості мови у сфері захисту акустичної інформації / Лізунов С.І., Філобок Є.В. // Сучасні інформаційні технології у діяльності національної поліції України: матер. Всеукр. наук.-практ. семінару (м. Дніпро, 10 листопада 2022 р.). Дніпро: ДДУВС, 2023.с. 46-48.

5. О.О. Архіпова В.М. Журавльов: Частотний аналіз використання букв української мови: <https://cyberleninka.ru/article/v/chastotniy-analiz-vikoristannyabukv-ukrayinskoyi-movi>.

6. О.О. Архіпова, В.М. Журавльов, В.М. Кумейко. Артикуляційні таблиці слів української мови. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d70a7315-a59d-4240-95f3-e145d9bf1593/content](https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d70a7315-a59d-4240-95f3-e145d9bf1593/content).

УДК 004.67

Лізунов С.І.¹, Філобок Є.В.², Верещака М.П.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172-12 НУ «Запорізька політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ

В умовах стрімкого розвитку технологій моніторинг ІТ-систем стає особливо важливим. Для організацій, що прагнуть ефективно керувати складними ІТ-інфраструктурами, такі платформи сприяють підвищенню стабільності, покращенню виявлення проблем у реальному часі та оптимізації операцій. Вибір конкретної системи моніторингу (далі СМ) для підприємства чи компанії залежить від низки факторів, зокрема доступності ресурсів, обсягу інфраструктури, яку необхідно контролювати, та управління ризиками.

Загальний принцип роботи таких систем однаковий: СМ отримує великі обсяги даних через спеціальні додатки та/або порти, аналізує, чи відповідає інформація критичним вимогам, і за потреби створює попереджувальний сигнал [1]. Ці СМ дозволяють візуалізувати поточні проблеми у існуючій інфраструктурі.

Розглянемо більш детально різні СМ, що доступні на ринку.

Система моніторингу Nagios

Nagios, як одна з найперших і широко визнаних СМ, приваблює великою спільнотою та гнучкістю [2]. Попри надійність, для швидко зростаючих інфраструктур можуть виникати складнощі з налаштуванням і стабільністю на високих навантаженнях.

Система моніторингу Zabbix

Zabbix має зручне налаштування, що робить його доступним навіть для новачків, а також пропонує комплексний моніторинг мережі, серверів і додатків. Потужні аналітичні інструменти Zabbix дозволяють проактивно виявляти та прогнозувати проблеми, хоч для деяких пристроїв налаштування може бути складним [3].

Система моніторингу Prometheus

Prometheus, з відкритим вихідним кодом, орієнтований на великі розподілені середовища [4]. Його відмінні риси — масштабованість і гнучка конфігурація, що ефективно підтримують моніторинг складної інфраструктури, хоча інтеграція може вимагати часу і зусиль.

Система моніторингу Centreon

Centreon — інтегрована СМ для широкого спектру компонентів. Ця система пропонує детальні звіти і гнучкість для налаштування під конкретні потреби, що робить її привабливою для компаній, які шукають ефективне управління інфраструктурою.

Архітектура цієї СМ складається з кількох ключових компонентів (рис.1):

- центральний сервер Centreon, основний вузол системи, що відповідає за управління та відображення даних моніторингу. Він містить веб-інтерфейс для взаємодії з користувачами, механізм збору даних і брокер, який полегшує обмін інформацією між компонентами;
- сервер бази даних, забезпечує зберігання всіх конфігураційних даних та метрик, зібраних із моніторингованих пристроїв, гарантуючи надійність і безпеку даних;
- поллери, ці вузли відповідають за збір даних з об'єктів моніторингу, таких як сервери та мережеві пристрої, і надсилають їх на центральний сервер для подальшого аналізу.

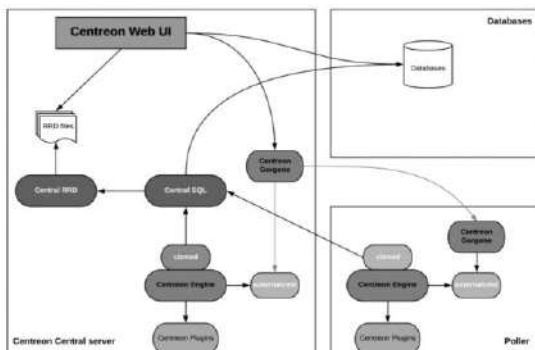


Рисунок 1 – Архітектура CM Centreon.

Процес моніторингу в Centreon починається зі збору даних. Поллери безперервно відстежують різні компоненти інфраструктури, використовуючи протоколи на кшталт SNMP для доступу до мережних пристроїв і збору інформації про їхній стан. Отримані дані надсилаються на центральний сервер Centreon, де обробляються та оцінюються відповідно до статусу кожної послуги. Наприклад, якщо сервер стає недоступним або навантаження перевищує допустимий поріг, система позначає сервіс статусом «помилка».

На веб-інтерфейсі Centreon користувачі можуть переглядати стан послуг, що відображаються кольорами для вказання статусу: зелений — нормальна робота, червоний — помилка, жовтий — попередження або активний моніторинг [5]. Окрім цього, Centreon генерує графіки та діаграми, що дозволяють адміністраторам відслідковувати зміни статусу в часі, допомагаючи визначати закономірності та вирішувати проблеми на випередження.

Ця CM також забезпечує надійне сповіщення про події та проблеми: система надсилає автоматичні повідомлення через електронну пошту або інші платформи, такі як Slack, коли критичні показники перевищують заданий поріг.

Centreon може контролювати широкий спектр елементів інфраструктури, включаючи сервери, мережні пристрої, бази даних і хмарні сервіси. Завдяки гнучкості налаштувань користувачі можуть створювати власні сервіси під конкретні потреби, що дозволяє отримувати комплексне уявлення про інфраструктуру і швидко реагувати на можливі проблеми. Крім моніторингу в режимі реального часу, Centreon підтримує довгострокове стратегічне планування, надаючи потужні інструменти для аналізу та створення детальних звітів, які допомагають визначати тенденції та приймати обґрунтовані рішення для підвищення ефективності.

Комплексна система моніторингу Centreon виділяється ефективністю в моніторингу різних компонентів, зборі, візуалізації та аналізі даних у режимі реального часу. Її функціонал, зокрема налаштування автоматичних сповіщень про критичні події та гнучкість у створенні індивідуальних моніторингових служб, дозволяє організаціям швидко реагувати на будь-які проблеми, забезпечуючи стабільну і безпечну роботу та підвищуючи продуктивність бізнесу.

Водночас, розгортання таких систем потребує продуманої конфігурації та адаптації до конкретних потреб підприємства, з акцентом на масштабованість, кастомізацію та інтеграцію з різними інструментами моніторингу, що значно підвищує ефективність управління складними інфраструктурами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. What Is Real-Time Monitoring: Definition, Process, Importance, Use Cases, And More? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://edgedelta.com/company/blog/what-is-real-time-monitoring>.
2. Nagios – система IT моніторинга [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://idealssoft.com.ua/vendors/vendors-more/nagios/>.
3. Що таке Zabbix | Основні функції та можливості. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lvivservice.com.ua/sysadmin/chto-takoe-zabbix-osnovnye-funkczii-i-vozmozhnosti/>
4. Prometheus vs Zabbix: відмінне та подібне цих систем моніторингу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://itedu.center/ua/blog/comparisons/prometheus_vs_zabbix/
5. Centreon | IT Infrastructure Monitoring Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.centreon.com>

УДК 004.3

Неласа Г.В.¹, Самойлик С.С.¹, Неласий О.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ ПРОТОКОЛІВ КОНСЕНСУСУ В ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН

У контексті технології блокчейн термін "консенсус" позначає процедуру розподіленого обчислення деякого спільного значення для всіх учасників, що поєднує елементи голосування та узгодження. Правила консенсусу дозволяють забезпечити обробку інформації в блокчейні, запобігти появі форків (розгалужень ланцюга блоків) а також перевіряти чесність учасників.

Протокол консенсусу містить правила для створення наступного блоку, процедури вирішення конфліктів, а також правила, які заохочують учасників мережі підтримувати функціонування блокчейну та дотримуватися протоколу. Проблема побудови протоколів узгодження у розподілених мережах була відома задовго до виникнення поняття "блокчейн" і формулювалася як проблема "візантійських генералів" в інтерактивних алгоритмах. На сьогоднішній день, відомі такі основні підходи як Proof-of-Work (PoW), Proof-of-Stake (PoS) та Byzantine Fault Tolerance (BFT), в рамках яких вже розроблено багато протоколів, які розрізняються як алгоритмами, що використовуються, так і наявністю відповідних властивостей.

Основні властивості сучасних протоколів консенсусу:

- safety – здатність облікової системи зберігати основні принципи функціонування та інтереси чесних учасників за будь-яких зловмисних впливів;

- finality – властивість, яка вказує на можливість скасування прийнятого рішення або підтверджених даних;

- liveness – властивість, яка гарантує, що якщо всі чесні учасники хочуть додати запис до загальної бази даних, то в результаті вона буде туди додана;

- persistence – здатність облікової системи зберігати незмінність кінцевого стану своєї бази даних навіть після відмови валідаторів;

- permissioned – вказує на обмеження, тобто необхідність отримати дозвіл на участь у певному процесі;

- permissionless означає вільний доступ до участі в деякому процесі;

- resiliency – стійкість до атак.

Історично найпершим успішним в практичній реалізації став протокол консенсусу *підтвердження роботи PoW (Proof-of-Work)*[1]. Необхідність повільного виконання певного, досить складного, завдання дало можливість отримати затримку в часі при формуванні кожного блоку, достатню для виконання синхронізації мережі. Використання односпрямованих хеш-функцій вносить необхідну асиметрію в процес узгодження стану мережі: надає можливість швидко і легко перевірити результат, для отримання якого використовуються важкі обчислення. При цьому ймовірність створення наступного блоку певним майнером пропорційна його обчислювальним потужностям (хешрейту). Однак протокол Proof-of-Work є повільним у роботі, а також вимагає значного споживання електроенергії та обчислювальних потужностей для розрахунків. Головним недоліком PoW-консенсусу, є те, що важкі розрахунки, які проводяться в процесі майнінгу, не мають жодного корисного застосування і слугують лише для забезпечення надійності мережі. Також існує потенційна загроза атаки 50%, коли користувач або група користувачів контролюють більшість видобувних потужностей мережі, що дозволяє їм маніпулювати подіями в мережі.

Від цих недоліків позбавлений протокол *доказу участі PoS (Proof-of-Stake)*, який наразі використовується Ethereum 2.0 (Beacon Chain) та деякими іншими блокчейн-мережами. Тут валідатори обираються для створення нових блоків на основі їх ставки (stake) (частки криптовалюти, яку вони тримають і «блокують» як заставу). Чим більша частка валідатора у загальній сумі, тим більше його шанси на генерацію наступного блоку і отримання нагороди. Менше споживання енергії в порівнянні з PoW та краща масштабованість і швидший час підтвердження транзакцій роблять PoS гідною альтернативою для PoW. Безпека в PoS залежить від припущення, що валідатори мають сильний економічний стимул бути чесними. У протоколі *делегованого доказу участі DPoS (Delegate-Proof-of-Stake)* основний принцип полягає у поділі голосуючих і валідуючих учасників. Власники монет з вагою голоса, пропорційно своїм балансам, обирають вузли-валідатори.

Головна перевага протоколів, основаних на *BFT* підході – гарантоване кінцеве число кроків, тобто раундів роботи протоколу, за яке всі вузли приходять до єдиного рішення. Перший такий протокол, застосований практично *Practical BFT* був запропонований у 1999 році [2]. Клієнт звертається до сервера, якого обирає лідером. Лідер передає ці повідомлення іншим серверам. Після цього сервера повідомляють один одному про те, що надійшли певні повідомлення і їх необхідно внести до спільної бази даних. Кожен із валідаторів має підтвердити, що він отримав підтвердження від інших учасників. Коли валідатор отримав підтвердження від $\frac{2}{3}$ інших учасників про включення повідомлення до своєї копії бази даних, воно вноситься в локальну копію даного валідатора.

Протокол *Hashgraph* [3] працює швидко та добре масштабується. Кожен із валідаторів збирає свої транзакції, вибирає довільним чином іншого учасника та надсилає йому дані про свої транзакції, а також інформацію, яку повідомили йому інші вузли, коли підключалися до нього, тобто валідатор «слухає», приймає всі повідомлення, які надходять до нього, а після цього довільним чином обирає іншого учасника та надсилає йому всі транзакції разом зі своїми. Він вимагає більшого обсягу трафіку, ніж Algorand, але в той же час є дуже ефективним. Hashgraph забезпечує властивості Safety і Liveness, тобто додавання нових транзакцій та узгодження єдиного рішення. Він працює навіть в умовах повністю асинхронної мережі, коли повідомлення можуть бути затримані на великий проміжок часу або взагалі викинуті. Крім того, в мережі відсутній лідер, що дозволяє зловмисникові виводити з ладу ті вузли, які йому виявляються цікавими, може змушувати їх працювати за своїми намірами. Однак, поки зберігається $\frac{2}{3}$ чесних користувачів, протокол забезпечує високий рівень безпеки.

Протокол Algorand [4] використовує той самий BFT-підхід, але він орієнтований на те, що серед усіх учасників випадково обирається певний

підкомітет, який виконує підтвердження транзакцій. Причому це підтвердження відбувається у кілька етапів, на кожному з яких вибирається свій підкомітет. Протокол гарантує з високою ймовірністю, близькою до одиниці, що підкомітет є чесним, якщо більше $\frac{2}{3}$ учасників мережі є чесними, тобто кожен із підкомітетів також матиме $\frac{2}{3}$ чесних учасника. Тут немає лідера, тому немає точки для атаки типу «відмова в обслуговуванні» (DoS-атаки). Цей протокол забезпечує високу пропускну спроможність облікової системи, швидке підтвердження транзакцій та захист від атаки «adaptive corruption».

Подальшого дослідження потребують такі протоколи: Ouroboros, BFT-Smart, Honeybadger BFT, SBFT, GPBFT, Red Belly, Tendermint, HotStuff, PaLa, Fast-HotStuff, Streamlet, Polygraph, DAG, Avalanche. Важливо зазначити, що розглянуті протоколи консенсу мають свої переваги та обмеження, а вибір протоколу залежить від конкретного випадку використання, цілей мережі та компромісів між такими факторами, як безпека, масштабованість, децентралізація та енергоефективність. Різні блокчейн-проекти можуть вибирати різні консенсусні протоколи на основі своїх конкретних вимог і пріоритетів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nakamoto, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.
2. Miguel Castro and Barbara Liskov, Practical Byzantine Fault Tolerance//3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 99) New Orleans, LA, 1999.
3. Baird, L. The Swirls Hashgraph Consensus Algorithm: Fair, Fast, Byzantine Fault Tolerance, 2016, <http://www.swirls.com/downloads/SWIRLDS-TR-2016-01.pdf>
4. Build the future on Algorand [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://developer.algorand.org>

УДК 004.056

Піківець Г.М.¹, Корольков Р.Ю.²

¹ студ. гр. БКз-813м НУ «Запорізька політехніка»

² доц. кафедри інформаційної безпеки та наноелектроніки, НУ «Запорізька політехніка»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНОНІМНОСТІ АНАЛІТИКІВ ПІД ЧАС OSINT-РОЗСЛІДУВАНЬ

У сучасному світі, де відкриті джерела інформації (OSINT) стали важливим інструментом для розслідувань, питання анонімності аналітиків

набуває критичного значення [1]. Збір і аналіз даних з відкритих джерел охоплюють різноманітні платформи — від соціальних мереж до баз даних, доступних у відкритому доступі. Це створює додаткові ризики для аналітиків, які можуть стикатися з кіберзагрозами, ризиком розкриття особистих даних або тиском з боку тих, хто може бути об'єктом досліджень. Можна виділити наступні ризики. Перший — юридично-правовий. Слід розуміти, що не всі інструменти, які використовуються для розслідувань, є легальними: деякі програми можуть порушувати закони про конфіденційність або доступ до особистої інформації. Перед застосуванням будь-якого інструменту варто перевірити, чи відповідає його використання чинному законодавству. Другий ризик — фізичний. Розслідування, що стосуються впливових осіб, можуть бути небезпечними, оскільки такі особи можуть вдаватися до погроз або навіть застосовувати фізичне насильство [2]. З огляду на це, важливо діяти з максимальною обережністю та забезпечувати свою анонімність. Третій ризик — цифровий, який можна поділити на такі ризики як деанонімізація та зараження пристроїв шкідливим програмним забезпеченням. Використання персональної електронної пошти, телефонного номера, справжньої IP-адреси або банківської картки для розслідувань є недоцільним, оскільки це може значно спростити ідентифікацію аналітика з OSINT-розвідки. Програми з шкідливим програмним забезпеченням, або "віруси", можуть потрапити на пристрій, якщо завантажити файл з ненадійного джерела, перейти за підозрілим посиланням або встановити неліцензійне програмне забезпечення. У результаті стороння особа може отримати віддалений доступ до пристрою аналітика з OSINT-розвідки без його відома. Крім того, пристрій може бути уражений вірусом-шифрувальником, який зашифрує всі файли, що унеможливить їх відновлення. Тому важливо бути обережним із підозрілими файлами та посиланнями для мінімізації ризику зараження [3].

Для забезпечення анонімності під час OSINT-розслідувань важливо застосовувати комплекс стратегій, які допоможуть захистити особисту інформацію аналітика та мінімізувати ризики ідентифікації [4].

Перш за все, перед початком роботи треба підготувати окремі облікові записи під псевдонімами в соціальних мережах та на інших платформах [5], які використовуються для збору даних та телефонні номери та налаштувати робоче середовище на пристрої таким чином, щоб зберігати анонімність та захищати персональні дані.

Також, щоб мінімізувати ризик випадкового розкриття особистих даних, аналітики повинні працювати в ізольованому робочому середовищі. Це дозволяє відділити потенційно небезпечні завдання від основної операційної системи, зменшуючи ризик інфікування шкідливим програмним забезпеченням або випадкового витоку даних. Завдяки цьому підходу

аналітик може працювати з неперевіреними файлами, підозрілими сайтами та іншими небезпечними джерелами інформації, не піддаючи ризику основний комп'ютер.

Програмне забезпечення для віртуалізації надає широкі можливості налаштувань для створення окремих, ізольованих середовищ. VirtualBox, як програмний продукт з відкритим вихідним кодом, є одним із найпопулярніших варіантів, що дає змогу використовувати декілька операційних систем паралельно на одному пристрої. Його відкритий код забезпечує прозорість і дозволяє спільноті здійснювати аудит безпеки програми. VMware Workstation Pro, у свою чергу, є надійним та продуктивним рішенням, яке пропонує високий рівень підтримки та інтеграції, а також різноманітні функції для захисту конфіденційності й анонімності.

Крім того, при роботі в ізольованому середовищі аналітик має змогу створювати та відновлювати "знімки" (snapshots) системи, що забезпечує можливість швидкого повернення до попереднього стану в разі компрометації віртуальної машини або появи непередбачених проблем. Це значно підвищує ефективність роботи і знижує ризики втрати важливих даних або розкриття особистої інформації.

Другим кроком є використання певних браузерів, які можна використовувати для різних задач, та віртуальних приватних мереж (VPN). Браузер від компанії Google Chrome відомий своєю зручністю, швидкістю та стабільністю, регулярно отримує оновлення та має велику кількість розширень, крім того може створювати окремі профілі щоб розділити персональне використання та робоче візуально. Дуже добре реалізовано питання безпеки, кожна вкладка, плагін або розширення працюють у своєму власному ізольованому середовищі – це, так звана, технологія пісочниці. Головним недоліком Google Chrome є питання конфіденційності компанія збирає забагато даних про своїх користувачів через що важче забезпечити анонімність в роботі. Firefox від компанії mozilla у свою чергу приділяє більше уваги питанню конфіденційності та приватності на відміну від Chrome, за замовченням блокує рекламні трекери та має відкритий код, є технологія пісочниці однак вона не настільки добре реалізована як у Google Chrome. Браузер Tor є одним із найпопулярніших браузерів для анонімного доступу до інтернету. Він маршрутизує трафік через кілька серверів (вузлів), що дозволяє приховати IP-адресу та геолокацію користувача, дозволяє обходити цензуру, а також має вбудований захист від стеження. Його недоліком є зниження швидкості підключення через багаторівневий процес маршрутизації та варто пам'ятати що він орієнтований на анонімність а не на безпеку.

VPN є ефективним інструментом для захисту приватності та безпеки в інтернеті. Він приховує справжню IP-адресу користувача, що ускладнює визначення його геолокації, а також шифрує дані, забезпечуючи безпечне з'єднання навіть при використанні публічних Wi-Fi мереж. Крім того, VPN надає доступ до контенту, заблокованого у певних регіонах.

Варто зазначити, що VPN-розширення в браузері захищає тільки трафік, який проходить через цей браузер, тоді як окремих VPN-додаток забезпечує шифрування всього інтернет-трафіку на пристрої користувача. При виборі VPN-сервісу доцільно звертати увагу на такі важливі аспекти, як політика No logs (відсутність реєстрації активності користувача), використання надійного алгоритму шифрування (наприклад, AES-256), підтримка сучасних безпечних протоколів (таких як OpenVPN, IKEv2, WireGuard), а також наявність функції Kill Switch, яка забезпечує автоматичне відключення від інтернету у разі втрати VPN-з'єднання.

Для забезпечення безпеки під час OSINT-розслідувань важливо використовувати надійне шифрування для захисту даних, що зберігаються чи передаються. Існує три основні способи зберігання даних: на комп'ютері, у хмарних сервісах та на зовнішніх накопичувачах. Для зберігання на комп'ютері необхідно захистити пристрій як від віддалених загроз (ліцензійне ПЗ, антивіруси, регулярне оновлення системи), так і від фізичних (пароль на вхід, шифрування диска, збереження ключа шифрування). Вбудовані механізми шифрування, такі як BitLocker на Windows, FileVault на macOS та LUKS на Linux, часто потребують активації.

Для збереження даних резервні копії можна зберігати окремо — у хмарі чи на зовнішніх носіях (USB, HDD, SSD). Хмарні сервіси (Google Диск, Dropbox, OneDrive, iCloud) забезпечують певний безкоштовний обсяг сховища, але вимагають надійних паролів та двофакторної автентифікації. Для зовнішніх накопичувачів також рекомендоване шифрування з паролем.

Таким чином, в умовах сучасних ризиків, анонімність є запорукою безпеки аналітиків під час OSINT-розслідувань, дозволяючи працювати незалежно та ефективно. Забезпечення конфіденційності стає комплексним процесом, який включає застосування віртуалізованих середовищ, спеціалізованих браузерів та VPN-засобів, шифрування даних, а також дотримання етичних стандартів та обізнаність у галузі інформаційної безпеки [6]. Надійна організація процесів зберігання й захисту даних, зокрема резервне копіювання та шифрування зовнішніх носіїв, значно знижує ризик компрометації або витоку конфіденційної інформації, захищаючи аналітиків від кіберзагроз та мінімізуючи небезпеку ідентифікації. Реалізація цих заходів сприяє безпечній і ефективній роботі аналітиків, відповідаючи на виклики сучасного інформаційного простору та зміцнюючи захист особистих даних у процесі розслідувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. González-Manzano, L. A Primer on Open Source Intelligence (OSINT) Leveraging Existing Tools. Primer Congreso del Espacio y Ciberespacio EMAVI 2020 – Мадрид: Мадридський університет Карлоса III, 2020 – 8с. URL: <https://e-archivo.uc3m.es/bitstreams/c382872a-f774-4880-8be8-02a4d6406c77/download> (дата звернення: 01.11.2024)
2. Торбас О.О. OSINT при розслідуванні кримінальних правопорушень : підручник - Одеса : Видавництво «Юридика», 2024. - 180с. URL: <https://dspace.onua.edu.ua/bitstreams/106c5467-2afb-4055-a0fb-3a500102db9c/download> (дата звернення: 01.11.2024)
3. ESET. URL: Дослідження на основі відкритих джерел або OSINT: де використовується та в чому небезпека – 2021. URL: <http://surl.li/mvddej> (дата звернення: 04.11.2024)
4. OSINT Industries Team. Scrubbing Up On OSINT Cyber Hygiene (Best Practices) – 2024. URL: <https://www.osint.industries/post/scrubbing-up-on-osint-cyber-hygiene-best-practices> (дата звернення: 04.11.2024)
5. Narasimhan, P. K., Bhosale, C., Pervez, M. H., Naqvi, N. Z., Ecevit, M. I., Schwarz, K., & Creutzburg, R. Open-Source Intelligence (OSINT) Investigation in Facebook - IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2023, Mobile Devices and Multimedia: Enabling Technologies, Algorithms, and Application, 2023. URL: <https://library.imaging.org/admin/apis/public/api/ist/website/downloadArticle/ei/35/3/МОВМУ-357> (дата звернення: 04.11.2024)
6. Гузій І. 21 правило цифрової безпеки: Європейський Простір – 2018. URL: <https://euprostir.org.ua/practices/133410> (дата звернення: 04.11.2024)

УДК 003.26:004.056.53

Пономаренко Є. О.¹, Неласа Г. В.²

¹асп. каф. ІБтаН НУ «Запорізька політехніка»

²доц. каф. ІБтаН НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІЗОГЕНІЙ ГІПЕРЕЛІПТИЧНИХ КРИВИХ ДРУГОГО РОДУ У КРИПТОГРАФІЧНИХ ПРОТОКОЛАХ

Гіпереліптичні криві другого роду[1] стали важливим компонентом сучасної криптографії, надаючи можливість ефективного захисту в умовах зростаючих загроз з боку квантових обчислень. Ізогенії гіпереліптичних кривих другого роду визначають відображення між гіпереліптичними кривими зі збереженням їхньої математичної структури, що має важливе значення в криптографічних системах. Порівняно з еліптичними кривими,

криві другого роду дозволяють використовувати основне поле зменшеного пропорційно роду кривої розміру зі збереженням розміру ключа. Ця властивість є важливою в умовах, де потрібно проводити обчислення на пристроях з обмеженими ресурсами, наприклад, в мобільних чи вбудованих системах. Ізогенії на гіпереліптичних кривих можуть використовуватись у протоколах обміну ключами, генерації цифрових підписів та шифруванні даних, забезпечуючи захист від атак, які використовують квантові обчислення, адже складність оберненого обчислення ізогеній значно перевищує можливості сучасних алгоритмів, навіть квантових.

Гіпереліптичні криві роду g визначаються рівнянням виду:

$$y^2 + h(x)y = f(x), \quad (1)$$

де $h(x)$ — многочлен степеня не більше ніж g ;

$f(x)$ — многочлен степеня $(2g+1)$, що не має кратних коренів.

Такі криві мають додаткові особливості, які виділяють їх серед інших алгебраїчних кривих. Криві другого роду мають складнішу структуру ніж еліптичні криві, що призводить до підвищеної складності обчислень. Головну роль у цих обчисленнях відіграє яacobіан кривої роду 2, що є аналогом групового закону еліптичних кривих. Яacobіан має вдвічі більшу розмірність, що ускладнює криптографічні операції, але водночас забезпечує більший запас стійкості проти квантових атак. Яacobіан кривої роду 2 є двовимірним абелевим многовидом, що відіграє ключову роль у розумінні структури кривої. Яacobіан можна розглядати як певний узагальнений об'єкт, що кодує інформацію про криву, зокрема про її дільники та раціональні точки. Група дільників на кривій є формальною групою, утвореною сумою точок на кривій, і саме через аналіз цієї групи можна отримати важливі властивості кривої.

Ключовим класом ізогеній для кривих роду 2 є ізогенії Рішелло[2]. Вони передбачають складні обчислення дивізорів та їх взаємодій, що значно перевищує простоту точкових операцій на еліптичних кривих. Ізогенії Рішелло є спеціальним типом ізогеній, які виникають у випадку, коли многочлен, що визначає гіпереліптичну криву, можна розкласти на три квадратні множники. Цей розклад дозволяє явно побудувати нову гіпереліптичну криву роду 2 і визначити ізогенію між яacobіанами початкової кривої та нової кривої. Алгоритми для обчислення таких ізогеній потребують більше ресурсів та складних структур даних, що ускладнює їх практичну реалізацію. Крім того, велика кількість ізогеній у гіпереліптичних кривих створює і переваги, і виклики з точки зору криптографії. Така різноманітність ізогеній пов'язана з більш складною геометрією кривих і розширеними математичними структурами.

Гіпереліптичні криві роду 2 або вище мають значно більше ендоморфізмів порівняно з еліптичними кривими. Геометрія таких кривих сприяє побудові більш складних відображень між кривими. Збільшена кількість ізогеній підвищує міцність протоколів, в контексті стійкості як до класичних, так і до квантових атак.

Водночас, обчислювальна складність знаходження ізогеній у контексті гіпереліптичних кривих значно перевищує аналогічні процеси на еліптичних кривих. Такі обчислення потребують розкладання поліномів на множники і складної арифметики дивізорів, що суттєво збільшує витрати на обчислення.

Використання гіпереліптичних ізогеній у криптографії відкриває нові шляхи для інноваційних протоколів. Зокрема, їх складність може бути використана для побудови більш безпечних протоколів обміну ключами або цифрових підписів. Завдяки підвищеній стійкості проти квантових загроз, такі протоколи можуть забезпечити надійний захист у майбутніх системах. Окрім того, математичні особливості гіпереліптичних кривих дозволяють створювати нові криптографічні конструкції, наприклад хеш-функції на основі ізогеній. Взаємодія між ізогеніями роду 2 та іншими постквантовими методами, такими як криптографія на основі решіток, відкриває додаткові можливості для розробки нових криптографічних протоколів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. E. V. Flynn and Yan Bo Ti, Genus Two Isogeny Cryptography, Cryptology {ePrint} Archive, Paper 2019/177. Режим доступу: <https://eprint.iacr.org/2019/177>.
2. E. Florit and B. Smith, An atlas of the Richelot isogeny graph, Cryptology {ePrint} Archive, Paper 2021/013. Режим доступу: <https://eprint.iacr.org/2021/013>.

УДК 004.056

Савченко Ю. В.¹, Воскобойник В.О.², Сумовський О.М.³

¹ канд. техн. наук, доц. Університету митної справи та фінансів

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Б-21-1 Університету митної справи та фінансів

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУР

Кібербезпека залишається головною проблемою в сучасному ІТ-світі оскільки кількість хакерських інцидентів зростає. Багато аспектів нашого життя перемістилися в Інтернет, що комерційний і приватний світи можуть багато втратити через порушення безпеки.

Ціллю даної роботи є аналіз архітектурно—орієнтованого підходу побудови структурних схем безпеки кібернетичних активів критичних інфраструктур (КІ).

Хмарні системи можна розглядати як перспективні засоби по забезпеченню функційної та кібернетичної безпечності КІ. Можливість застосування хмарних активів для підвищення рівня готовності системи SCADA як однієї з найважливіших компонентів контуру управління КІ.

Для новоутвореної структури виникає актуальне завдання, яке полягає в розробці основних положень методології оцінювання функційної безпечності критичних інфраструктур, які базуються на архітектурно—орієнтованому моделюванні внутрішніх та зовнішніх факторів негативного впливу на активи КІ і визначенні відповідних ризиків.

Розглянемо етапи реалізації методу побудови структурних схем безпеки активів критичних інфраструктур.

Для розв'язування завдання визначення рівня функційної безпечності КІ було запропоновано застосовувати архітектурно—орієнтований метод побудови структурних схем безпеки [1], схему алгоритму реалізації якого зображено на рис. 1.

Для моделювання відмов фізичних активів критичних інфраструктур можуть застосовуватися різноманітні методи. Перевага надається аналітико-стохастичним методам.

Серед аналітико-стохастичних методів, які враховують ІТС досліджуваних систем особливу увагу слід приділити апарату моделювання на основі напівмарковських процесів [2]. Для упорядкування та визначення послідовності виникнення тих, чи інших негативних подій стосовно до фізичних активів КІ можуть застосовуватися детерміністські підходи

Моделювання виконується згідно з функціональною схемою реалізації сценарію ЗВШВ. В залежності від умов, припущень та обмежень, що спостерігаються та вводяться, пропонується застосовувати як апарат марковського моделювання, так і апарат напівмарковського моделювання [3] зловмисних шкідливих впливів (ЗВШВ) на кібернетичні активи КІ. Слід зауважити, що застосування апарату марковського моделювання ЗВШВ на кібернетичні активи критичних інфраструктур вимагає попереднього обґрунтування з урахуванням динаміки розвитку процесів за умов, коли спостерігається марковська властивість. Такі умови, наприклад, можуть виникати, коли кібератака реалізується в певний поточний момент часу і їй не передуює попередній збір інформації про об'єкт атаки, тобто відсутній етап цільового фішингу. Завжди існує деякий період, так званої, предісторії, на якому проводиться цільовий фішинг. У цьому випадку марковська властивість не спостерігається і тому необхідно застосовувати інші немарковські моделі ЗВШВ. Найкраще для цього підходить апарат

моделювання напівмарковських процесів, який в подальшому застосовується при оцінці функційної безпечності КІ з урахуванням ризиків негативного впливу на їхні активи.

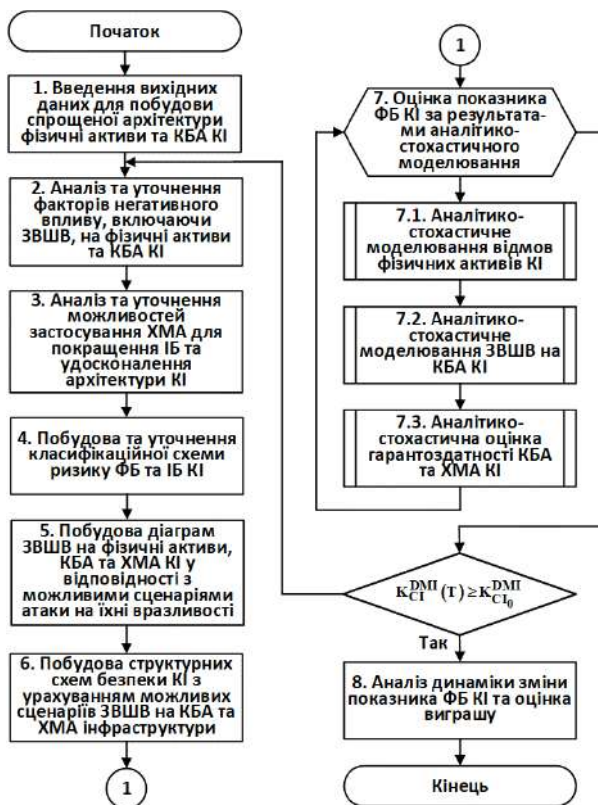


Рисунок 1 – Схема алгоритму реалізації етапів аналітико—стохастичного методу побудови структурних схем безпеки кібернетичних активів КІ

Для побудови адекватних моделей ЗВШВ визначається тривалість інтервалу загального циклу оцінювання рівня безпеки кібернетичних активів КІ та формулюється складна подія, що відбувається на певному інтервалі часу. Після чого виконується декомпозиція зазначеної події та з застосуванням теорем складання і множення імовірностей визначається комплексний показник безпеки.

Аналітико—стохастичне моделювання може виконуватися для декількох сценаріїв ЗВШВ. Результати моделювання в подальшому

використовуються для вибору найкращого варіанту захисту від кібератак, включаючи побудову електронного периметру кібербезпеки.

Слід приділити особливу увагу розробці методичного апарату оцінювання функційної безпечності критичних інфраструктур з урахуванням ризику зловмисних шкідливих впливів на їхні активи.

Метод складається з таких етапів:

- розробка функціональної схеми реалізації зловмисних шкідливих впливів на активи критичної інфраструктури;
- побудова діаграм системних відмов критичної інфраструктури з урахуванням зловмисних шкідливих впливів на інфраструктурні активи;
- оцінка комплексного показника безпеки активів критичної інфраструктури за результатами аналітико—стохастичного моделювання;
- кількісна оцінка ризику негативного впливу на активи критичної інфраструктури;
- оцінка показника безпеки КІ з урахуванням ризику негативного впливу на активи інфраструктури.

На основі відомого досвіду розробляється сценарій розвитку ЗВШВ. Сценарій кібератаки, функціональна схема реалізації якого представлена на рис. 2. Вважатимемо, що зловмисники створюють і застосовують шкідливий трафік, який впливає на фізичні, кібернетичні та хмарні активи критичної інфраструктури.

На наступному етапі з урахуванням можливих сценаріїв реалізації ЗВШВ (рис. 2) будуються діаграми системних відмов критичної інфраструктури.

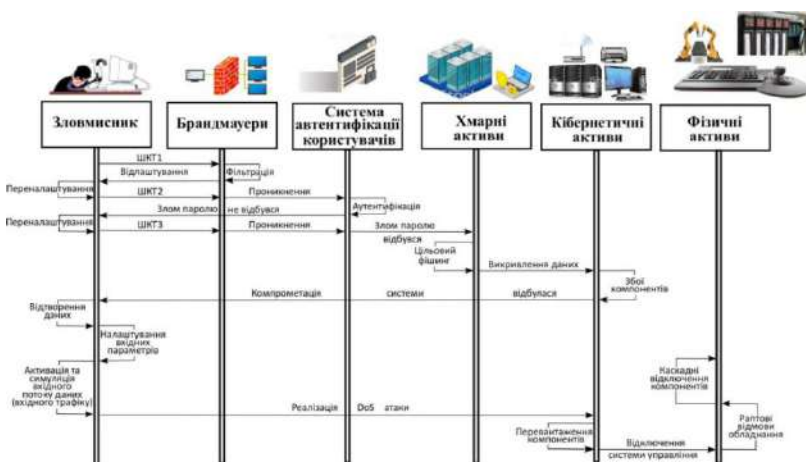


Рисунок 2 – Функціональна схема сценарію реалізації ЗВШВ на активи КІ.

Таким чином зосереджуючись на архітектурно—орієнтованого підходу побудови структурних схем безпеки кібернетичних активів критичних інфраструктур необхідно виконати моделювання і дослідити, яким чином застосування додаткових сервісів подій впливає на загальний рівень функційної безпечності кібернетичних та хмарних активів системи SCADA KI.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванченко О. В. Аналітико—стохастична модель гарантоздатності кібернетичних та хмарних активів системи SCADA критичної інфраструктури // Системи та технології. 2020. № 1 (59). С. 14–59.
2. Monitoring heritage buildings with wireless sensor networks: The Torre Aquila deployment / M. Ceriotti, L. Mottola, G. Picco et al. // 2009 International Conference on Information Processing in Sensor Networks, San Francisco, April 13–16, 2009, San Francisco, CA, USA. P. 277–288.
3. Іванченко О. В. Оцінювання рівня безпеки системи SCADA критичної інфраструктури з урахуванням доступності кібернетичних та хмарних активів // Системи та технології. 2019. № 2 (58). С. 5–32.

УДК 004.94:681.5

Шапгала С.В.¹, Воскобойник В.О.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ У ПРОАКТИВНОМУ ВИЯВЛЕННІ ТА РЕАГУВАННІ НА КІБЕРЗАГРОЗИ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВА

У сучасному світі телекомунікаційні системи підприємств стають все більш уразливими до кіберзагроз через зростання обсягу оброблюваних даних та складність інфраструктури. Забезпечення безпеки цих систем є критично важливим для збереження конфіденційної інформації, підтримки безперебійної роботи бізнес-процесів та захисту репутації організацій. Використання цифрових двійників (Digital Twins) стає перспективним напрямком у сфері кібербезпеки, оскільки вони надають можливість створення віртуальних реплік фізичних систем для прогностичного аналізу та моделювання різноманітних сценаріїв атак. Цифрові двійники не лише імітують фізичні компоненти, але й інтегрують дані з різних сенсорів, що дозволяє здійснювати детальний моніторинг та аналіз поведінки систем у реальному часі.

Актуальність цього дослідження полягає в необхідності розробки ефективних моделей та методів забезпечення кібербезпеки в телекомунікаційних системах підприємств. Зростаюча кількість та складність кібератак вимагають нових підходів до захисту інформаційних систем, а цифрові двійники пропонують інноваційні рішення, які можуть значно підвищити рівень захисту та знизити ризики. Метою дослідження є визначення ефективності використання цифрових двійників у проактивному виявленні та реагуванні на кіберзагрози в телекомунікаційних системах підприємств. Це включає теоретичний аналіз існуючих моделей, розробку концептуальної моделі цифрового двійника для кібербезпеки та проведення порівняльного аналізу з традиційними методами захисту.

Цифрові двійники мають потенціал значно покращити процеси виявлення та реагування на кіберзагрози через моделювання різних сценаріїв атак та автоматизацію відповідних заходів захисту. Вони дозволяють створювати специфічні віртуальні репліки інфраструктури підприємства, що забезпечує адаптовану прогнозну аналітику та персоналізовані заходи захисту. Це сприяє проактивному підходу до кібербезпеки, де компанії можуть не лише реагувати на вже виниклі загрози, але й передбачати можливі атаки та відповідно готуватися до них. Автоматизація процесів виявлення та усунення слабких місць у системах підвищує ефективність персоналу та зміцнює безпеку на всіх рівнях, дозволяючи швидко ідентифікувати та усувати потенційні загрози.



Рисунок 1 - Цифрові двійники у кібербезпеці

Вибір цифрових двійників обґрунтовується їх здатністю забезпечувати точний та детальний аналіз поведінки систем у різних умовах. Це дозволяє проводити експерименти з кіберзахистом на всіх рівнях системи, готуючи сценарії "що-якщо" та забезпечуючи охоплення всіх можливих випадків. Крім того, цифрові двійники сприяють підвищенню кіберстійкості підприємств, забезпечуючи можливість швидкої адаптації до змінних умов та нових загроз. Це особливо важливо в умовах динамічних та швидко еволюціонуючих кіберзагроз, де можливість оперативного реагування на нові ризики може визначати успіх у забезпеченні безпеки інформаційних систем.

Для дослідження було проведено аналіз існуючих літературних джерел та симуляційні тести у віртуальному середовищі. Дослідження ґрунтується на методології теоретичного аналізу, розробці концептуальної моделі цифрового двійника для кібербезпеки та проведенні порівняльного аналізу з традиційними методами захисту. Це дозволяє всебічно оцінити ефективність запропонованих моделей та визначити їхні переваги у порівнянні з існуючими підходами.

Таким чином, впровадження цифрових двійників у телекомунікаційних системах підприємств представляє собою інноваційний підхід до забезпечення кібербезпеки. Це дозволяє не лише ефективно виявляти та реагувати на загрози, але й значно підвищувати загальну стійкість та безпеку інформаційних систем підприємств. Використання цифрових двійників сприяє підвищенню ефективності заходів захисту та скороченню часу реагування, роблячи їх важливим інструментом для сучасних підприємств з високими вимогами до свого захисту.

УДК 004.724

Сгадов С. О.¹

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМА ІМІТАЦІЇ БОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІЧ ТА RF-ЗВ'ЯЗКУ

Система імітації бою з використанням технологій RF-зв'язку є платформою, що дозволяє реалізувати ігровий процес, в умовах, наближених до реальних. Актуальність теми підтверджується зростаючим інтересом до спорту та ігрової індустрії. Система імітації бою може стати унікальним рішенням для людей, які бажають брати участь у фізичній активності без ризику травм або участі в небезпечних іграх. Метою дослідження є розробка та реалізація системи імітації боїв із використанням технологій RF-зв'язку. Завданнями дослідження є створення функціональної платформи для імітації стрілецького бою, яка забезпечує безпеку та комфорт для користувачів, а

також оптимізація процесів гри для пересіченої місцевості та закритих залів. Система імітації бою має бути інтуїтивно зрозумілою і простою у використанні. Це передбачає розробку інтерфейсу користувача, який буде легко керувати навіть для недосвідчених людей. датчика до зброї, що дуже некомфортно, або мережі Wi-Fi типу "зірка" є інформація про постріл йде по ланцюжку "датчик" - "роутер" - "ПК" - "зброя") з усіма недоліками Wi-Fi в умовах пересіченої місцевості (такий боєць виявиться невразливим, якби він опинився за кількома бетонними стінами від роутера). багато робиться акценту на потужність ІЧ-світлодіода, що вкрай шкідливо при боях у спортзалах: якщо відсутня можливість знижувати потужність, то постріл в підлогу буде відбиваючись вражати всіх.

Пропонована система LASERTAG "ARENA-STM" призначена для імітації стрілецького бою із застосуванням масогабаритних моделей автоматичної зброї. Система складається з комплектів «зброя-датчик» та одного командного пульта. Масогабаритна модель зброї з'єднана з датчиком ІЧ-випромінювання за допомогою RF зв'язку. Датчик представляє головну пов'язку, яка має автономне джерело живлення, керується мікроконтролером серії STM32F030F4, має 4 ІЧ-сенсори TSOP57438 з зоною прийому 176 градусів кожен і 4 надыскравими світлодіодами для індикації попадання. Для RF-зв'язку у всіх складових системи використовувалися приймачі NRF24L01. Використання автономного датчика влучення дає можливість уникнути зайвого провідного зв'язку зі зброєю. Як для моделі зброї, так і для командного пульта розроблено мікропроцесорний модуль на основі мікроконтролера STM32F405 с 1MB вбудованої пам'яті. На платі цього модуля знаходиться схема модулятора для управління світлодіодом, яка дозволяє видавати імпульси струму до 1А, що дозволяє використовувати інфрачервоні світлодіоди типу TSAL-6xxx у форсованому режимі. Для регулювання потужності світлодіодів використовується програмний ШІМ. Це дозволяє знижувати потужність випромінювання. Для відтворення звукових сигналів, зокрема, звуків пострілу, використовується малогабаритний підсилювач класу D потужністю до 5Вт. Також зброя має кольоровий інформаційний 2,5" LCD-екран.

Перед боєм кожна зброя має одержати номер (від 1 до 100), який відповідає номеру каналу. Це робиться через ІЧ-світлодіод командного пульта. Для цього при включенні зброї утримується кнопка затвора після чого зброя переходить в сервісний режим на 10 секунд. Далі воно переходить у режим очікування.

Датчику влучення також одноразово задається номер, який пов'язує його зі зброєю. Це відбувається за допомогою ІЧ-пакету прив'язки, який може бути сприйнятий датчиком попадання тільки в сервісному режимі, в який він входить на кілька секунд після включення. Тобто, та рушниця, яка

вистрілити у нього, в цей момент нав'яже йому свій номер. Номери каналів запам'ятовуються зброєю та датчиками в незалежній пам'яті і стираються при вимкненні.

Перше, що відбувається в режимі очікування, спроба зв'язатися з датчиком попадання на своєму каналі по RF. Якщо спроба не вдалася, зброя блокується і при натисканні на курок ІЧ-світлодіод видає пакет прив'язки датчика, який повинен потрапити на TSOP датчика влучення.

Таким чином, попередньо налаштовані пов'язки-датчики і зброя лунають граючим. Після цього командний пульт роздає по всіх каналах пакети конфігурації гри (наприклад, кількість набойів, кількість пунктів здоров'я, тривалість бою), складаючи при цьому список учасників, тобто включених рушниць. Після чого віддається широкомовна команда «Старт», стирається внутрішній журнал бою та гвинтівки переходять у режим бою.

У режимі бою зброя переводить RF-модуль в режим приймача на каналі, який відповідає його номеру і переважно слухає повідомлення від індивідуального датчика попадання. на IDLE RF-модуль зброї видає висновокзнання, який може містити команду для контролера датчика (наприклад, увімкнути світлодіод). При попаданні противника ця подія реєструється у внутрішньому журналі бою, а також виводиться на екран зброї, після чого RF-модуль тимчасово перемикається в режим передачі на канал зброї, яке завдало поразки і відсилає повідомлення про попадання. Також попадання супроводжується звуковим сигналом через вбудований динамік та мерехтінням світлодіодів пов'язки.

Після закінчення бою контрольний пульт видає команду «Стоп», рушниці переходять до режиму очікування. .

Проблемою таких систем LASERTAG на основі ІЧ-випромінювання є наявність перешкод і переривання зв'язку по ІЧ-каналу. В даному випадку критично невірний прийом номера зброї, що вражає, і сили її пострілу. Причому застосування таких стандартних засобів як CRC сум не виправляє ситуацію - або постріл ігнорується, або приходить спотвореним, але з правильною CRC сумою. Обидва ці випадки досить погані. Тому пропонується використовувати замість CRC коди Ріда-Соломона[3], що дозволяє з одного боку мати інформаційну частину в незмінному вигляді, а з іншого частково відновлювати повідомлення. Оскільки мікропроцесор зброї досить потужний для перевірки коду Ріда-Соломона, немає необхідності навантажувати цим мікроконтролер датчика. А з іншого боку буде зручно проводити експрес-фільтрацію повідомлень до розшифровки (відхиляти відбитий сигнал власного пострілу, повторний сигнал з однаковим salt тощо).

Продукт також оснащений системою оновлення програмного забезпечення, яка дозволяє виробнику випускати нові функції та покращення без необхідності заміни фізичного пристрою. Це дозволяє продукту

залишатися актуальним та конкурентоспроможним на ринку протягом тривалого часу.

В цілому, продукт є сучасною системою для організації спортивних заходів, яка забезпечує реалізацію складних сценаріїв ігор та відстеження статистики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wireless Sensor Networks with LoRaWAN and Wi-Fi.. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019. 15 (4), 1713-1722. DOI: 10.1109/TII.2018.2874455
2. Multiple Integrated Laser Engagement System (MILES). <https://man.fas.org/dod-101/sys/land/miles.htm>.
3. Berlekamp E. R. Algebraic coding theory. - N.Y.: McGraw-Hill Book Co., 1968. - 466 p.

УДК 621.376; 534::621.382

Чобаль О.І.¹, Чобаль І.В.², Різак М.В.³, Петришинець І.⁴, Трикур І.І.⁵, Різак В.М.⁶

¹ доц. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

² асист. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

³ доц. ДУ «Київський авіаційний інститут»

⁴ Researcher at Institute of Materials Research of Slovak Academy of Sciences

⁵ доц. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

⁶ проф. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

АКУСТООПТИЧНІ ПРИСТРОЇ НА ОСНОВІ КРИСТАЛІВ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ТА LiKB_4O_7 ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В FSO МЕРЕЖАХ

Технологія FSO (Free Space Optics) або атмосферних оптичних ліній зв'язку базується на передачі даних за допомогою модульованого оптичного випромінювання переважно в інфрачервоній частині спектру через атмосферу та їх детектування. На приймаючій стороні оптична система фокусує електромагнітну хвилю на високочутливу матрицю фотоприймачів, що перетворює оптичний пучок в електричний сигнал. Безсумнівними перевагами технології FSO є захищеність каналу від несанкціонованого доступу, висока пропускна здатність і якість цифрового зв'язку, а також відсутність необхідності отримання ліцензій на використання радіочастотного спектру. Таким чином, дана технологія має перспективи використання для організації високошвидкісної корпоративної мережі між філіалами, що знаходяться в зоні прямої видимості, вирішення проблеми

останньої милі при організації комп'ютерних мереж, а також створення високошвидкісних мобільних магістралей у випадку наявності перешкод. Відмітимо також, що атмосферні оптичні лінії зв'язку можуть бути дуже швидко розгорнуті для забезпечення надійного високошвидкісного тимчасового зв'язку і для вирішення цієї задачі альтернативи FSO-системам практично не існує. Враховуючи ці особливості, а також стійкість до радіоперешкод дана технологія може використовуватись для забезпечення прихованого зв'язку в різноманітних підрозділах ЗСУ.

Розглянемо одноканальну схему передачі даних за допомогою FSO систем та відомі випадки порушення її безпеки (рис. 1). На фізичному рівні моделі OSI передача даних забезпечується передавачем S та приймачем D за допомогою лазерного променя, реалізуючи зв'язок між Алісою та Бобом. У той же час зломисник E (Єва) намагається перехопити інформацію пасивним способом прослуховування. Як правило, розглядаються два можливих сценарії перехоплення лазерного променя. У першому сценарії, коли зломисник E розташований близько до передавача, потенційний перехоплювач не може перехопити промінь без порушення стану мережі, тобто часткового перекриття прямої видимості між законним передавачем та отримувачем через вузькість лазерного променя. У другому сценарії перехоплювач розташований близько до законного отримувача (рис. 1). Відомо, що із зростанням відстані поширення лазерний промінь дефокусується внаслідок оптичної дифракції та турбулентності в атмосфері. Це дозволяє приховано перехоплювати бічні пелюстки оптичного сигналу, не змінюючи стану мережі. Таке перехоплення є одним із найбільш ймовірних способів, що реалізується в системах FSO зв'язку.

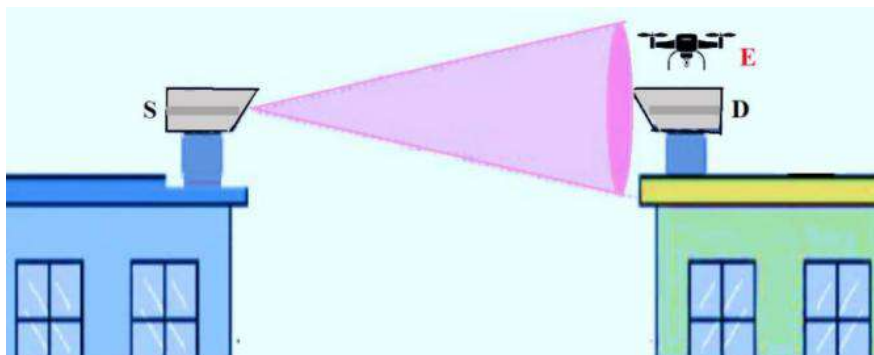


Рисунок 1 – Безпека FSO мережі на фізичному рівні моделі OSI [1]

У літературі розглядається кілька способів забезпечення безпеки фізичного рівня (Physical Layer Security) передачі даних в FSO мережах [1].

Серед них варто відмітити високу ефективність застосування акустооптичних пристроїв в якості модуляторів і дефлекторів лазерного випромінювання для підвищення секретності зв'язку. Принцип роботи цих пристроїв полягає в дифракції світла на акустичній хвилі, що поширюється в прозорому середовищі і наводить фазові оптичні ґратки за допомогою періодичної зміни показника заломлення.

Для модуляції інтенсивності лазерного променя та шифрування даних використовують акустооптичні модулятори. Інтенсивність лазерного випромінювання визначається дифракційною ефективністю акустооптичного (АО) пристрою та є прямопропорційною критерію АО якості середовища М2 та потужності акустичного пучка, який збуджується п'єзоелектричним перетворювачем під впливом модулюючого радіоімпульсу. В АО дефлекторах для просторового шифрування використовується відхилення оптичного променя на певний кут $\Delta\theta$ пропорційний зміні частоти акустичної хвилі Δf :

$$\Delta\theta_d = (\lambda/nv)\Delta f, \quad (1)$$

де λ – довжина хвилі лазерного випромінювання; n – показник заломлення середовища; v – швидкість звука.

Метою даної роботи є аналіз ефективності реалізації акустооптичних пристроїв на основі кристалів $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ та LiKB_4O_7 для безпечної передачі інформації в FSO мережах. Зокрема на основі проведених вимірювань твердості і модуля Юнга кристалів у різних кристалографічних напрямках досліджено анізотропію їх пружних властивостей. Встановлено, що параметр анізотропії кристалів тетраборату літію становить близько 4.3, а кристалів LiKB_4O_7 - 2.8. У той же час критерій АО якості кристалів LiKB_4O_7 для найповільніших звукових хвиль становить $M_2=(332\pm120)\times10^{-15}\text{с}^3/\text{кг}$ [2], що майже у 100 разів перевищує відповідне значення для кристалів $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Це свідчить про те, що за умови фазового синхронізму кристали LiKB_4O_7 забезпечують високу ефективність дифракції і можуть бути використані для створення ізотропних акустооптичних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shakir, W., Abdulkareem, R. A survey on physical layer security for FSO communication systems. In Proc. of 2nd Int. Conf. Integrated Sciences and Technologies, IMDC-IST 2021, 7-9 September 2021, Sakarya, Turkey.
2. Mys O.G. Acoustooptic and acoustic properties of KLiB_4O_7 crystals. Ukrainian journal of physical optics. – 2009. – Vol. 10, №3. – P. 165-174.

ВИКОРИСТАННЯ ЧАТ-БОТА В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ АВТОШКОЛИ

Чат-боти набули великої популярності, і статистика підкреслює їхній вплив на бізнес та клієнтський досвід. Зокрема, 64% користувачів віддають перевагу чат-ботам для швидкого вирішення запитів, особливо коли звернення відбуваються поза робочими годинами компаній. Крім того, майже 55% компаній, що використовують чат-ботів, помітили зростання кількості якісних лідів, що свідчить про потенціал чат-ботів у маркетингу та продажах [1].

У бізнесі чат-боти дозволяють зменшити витрати на обслуговування клієнтів на 30%, автоматизуючи рутинні завдання та прискорюючи обробку запитів. Наприклад, у фінансовій сфері чат-боти допомагають заощадити близько 4 хвилин на кожне звернення клієнта, що покращує загальне задоволення клієнтів та зручність користування цифровими сервісами [2].

Ринок чат-ботів стрімко зростає: прогнозується, що його обсяг сягне близько \$994 мільйонів до 2024 року і може досягти \$3 мільярдів до кінця десятиліття, оскільки чат-боти все активніше впроваджуються в такі сфери, як охорона здоров'я, освіта та фінанси [3].

В освітній сфері використання чат-ботів значно зростає, і прогнозується, що до 2025 року кількість закладів, що застосовують чат-боти для підтримки та навчання студентів, збільшиться на 30% і більше. Це зумовлено високим попитом на персоналізовані освітні технології, які забезпечують своєчасний зворотний зв'язок, миттєвий доступ до навчальних матеріалів та відповіді на часті питання. Чат-боти покращують взаємодію зі студентами, дозволяють автоматизувати рутинні завдання та сприяють інклюзивності навчального процесу, що є актуальним для сучасних університетів та шкіл.

Також чат-боти стали ефективним інструментом для підтримки студентів поза навчальними годинами, забезпечуючи допомогу у виконанні домашніх завдань, відповіді на запитання та навіть індивідуальні навчальні ресурси на основі рівня підготовки студента. Завдяки цьому, чат-боти підвищують рівень залученості студентів, покращуючи результати навчання та сприяючи зниженню відсіву студентів з курсів.

Такий прогрес у використанні чат-ботів в освітніх установах вказує на їхню важливу роль у модернізації навчального процесу та адаптації до потреб

цифрового покоління студентів, що очікують миттєвого та зручного доступу до інформації і підтримки [4].

Метою даної роботи є інтеграція чат-боту до навчального процесу в автошколі. Сучасні технології стають невід'ємною частиною навчальних процесів, особливо в сфері професійної підготовки водіїв, де контроль знань і постійна комунікація з учнями мають важливе значення. Інформаційні системи автошкіл повинні не лише забезпечувати організаційні функції, такі як запис на заняття або доступ до навчальних матеріалів, але й ефективно підтримувати процес навчання та його моніторинг. У зв'язку з цим, інтеграція чат-ботів у навчальний процес автошколи відкриває нові можливості для покращення рівня знань учнів.

У даній роботі чат-бот створений для надання учням зворотного зв'язку за результатами тестування та персональних рекомендацій для покращення знань. Такий підхід сприяє не лише автоматизації процесу тестування, але й підвищує індивідуальну підтримку кожного учня. Інтеграція чат-бота значно полегшує навчальний процес і підвищує його ефективність. Завдяки чат-боту учні можуть отримувати детальні пояснення щодо допущених помилок та посилання на додаткові навчальні матеріали з тем, де вони мають прогалини. Це дозволяє кожному учню сконцентруватися на власних слабких місцях, повторюючи складні теми і, як наслідок, краще підготуватися до фінальних іспитів. Також бот дозволяє ставити питання, що забезпечує миттєвий доступ до потрібної інформації з теоретичних аспектів водіння, не вимагаючи втручання викладачів на початкових етапах підготовки.

Система онлайн-тестування є важливим елементом розробленої платформи, оскільки забезпечує не лише швидкий зворотний зв'язок, але й дозволяє адміністрації та викладачам моніторити прогрес кожного учня. Це допомагає своєчасно коригувати навчальний план і робити акценти на темах, які потребують повторного вивчення. Використання чат-бота також дозволяє оптимізувати витрати автошколи, забезпечуючи одночасно цілодобову підтримку великої кількості користувачів без зниження якості обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 120+ Chatbot Statistics for 2024 (Already Mainstream). URL: <https://techreport.com/statistics/software-web/chatbot-statistics/>
2. Chatbot Statistics: What Businesses Need to Know About Digital Assistants. URL: <https://masterofcode.com/blog/chatbot-statistics>
3. 24 Amazing Chatbot Statistics. URL: <https://backlinko.com/chatbot-stats>
4. AI Statistics in Education for 2024. URL: <https://www.allaboutai.com/resources/ai-statistics/education/>

АЛГОРИТМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РУХІВ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА

У сучасній робототехніці та автоматизації, розробка ефективного та надійного робота-маніпулятора вимагає ретельного проектування, моделювання та тестування, де в нагоді стає 3D моделювання та анімація. Роботизовані маніпулятори стали важливими інструментами в різних галузях, включаючи виробництво, охорону здоров'я, логістику та аерокосмічну промисловість. Ці роботизовані системи призначені для відтворення рухів рук людини, забезпечуючи точність, швидкість і послідовність, необхідні для виконання таких завдань, як складання, переміщення матеріалів, зварювання і навіть хірургічні операції.

За останні роки сфера використання галузі 3D моделювання значно розширилась, що свідчить про актуальність розробленого проекту в робототехніці та прототипуванні. У рамках виконаної роботи реалізовано систему, що дозволяє, слідуючи алгоритму та інструкціям, створити тривимірну віртуальну візуалізацію для контролю робота-маніпулятора.

Існує декілька основних видів 3D моделювання та анімації, які можна використовувати як окремо, так і в комбінації одне з одним. Вони відрізняються складністю та методами застосування в залежності від специфіки поставленої задачі. Для задачі візуалізації робота, зокрема, доцільно використовувати методи полігонального та промислового моделювання. Щодо відображення і контролю рухів робота, то найбільш релевантними є методи анімації за ключовими кадрами, із захопленням руху, а також процедурні методи, що дозволяють відтворити не тільки поведінку робота, а й оточуюче середовище, в якому працює цей робот. Таке доповнення моделі потрібно для урахування можливих ризиків, наприклад, неправильних дій робота, зтикання з перешкодами, або ризиків травмування людини – тобто моделювання ситуацій з техніки безпеки.

Роботи-маніпулятори широко використовуються для допомоги працівникам у виконанні повторюваних і небезпечних завдань у безлічі промислових процесів, виконуючи їх швидше та ефективніше. Прикладами такої діяльності є транспортування, виробництво, зварювання та свердління. При цьому важливо, щоб маніпулятори дуже точно відстежували бажані траєкторії зі швидким зближенням [1].

Постановка задачі розробки. У сучасній автоматизації та виробництві роботи-маніпулятори відіграють важливу роль у виконанні завдань, що вимагають точності, швидкості та надійності [2]. Ці роботизовані

маніпулятори використовуються в різних галузях промисловості, зокрема в автомобілебудуванні, електроніці, охороні здоров'я та логістиці, де вони виконують такі завдання, як збирання, переміщення матеріалів та пакування продукції. Метою цього дослідження є розробка алгоритму візуалізації робота, яка може бути використана для моделювання, аналізу, оптимізації дизайну та обслуговування робота. Для досягнення цілей проекту необхідно розробити два варіанти моделі робота:

- непрозора модель, що слугуватиме для контролю позиціонування та зовнішніх маніпуляцій робота;
- прозора модель для демонстрації роботи та контролю стану внутрішніх ланок та механізмів робота маніпулятора.

Основні вимоги до проекту включають:

- геометрична точність: забезпечення того, щоб 3D-модель точно відображала побудову маніпулятора, включаючи з'єднання, ланки та детальну внутрішню структуру;
- кінематичне моделювання: моделювання прямої та зворотної кінематики для прогнозування положення та орієнтації маніпулятора в просторі;
- анімація: розробка анімації для симулювання та демонстрації функціонування робота у віртуальному просторі.

Створюючи чіткий та зрозумілий алгоритм розробки 3D-моделі, цей проект має на меті спростити процес проектування, зменшити витрати на створення прототипів та підвищити продуктивність роботів-маніпуляторів.

Розробка алгоритма анімації моделі робота-маніпулятора. Для моделювання було обрано маніпулятор UR10e від компанії Universal Robotics. UR10e – це промисловий кобот (англ. *cobot*, *collaborative robot*) середнього розміру, який поєднує в собі великий радіус дії та високу вантажопідйомність. Цей робот легко інтегрується в широкий спектр застосувань і забезпечує можливості автоматизації [3].

Даний робот може бути запрограмований на роботу з інструментами та обміну інформацією з іншими машинами за допомогою електричних сигналів. Він являє собою маніпулятор, що складається з екструдованих алюмінієвих трубок і з'єднань.

Маніпулятори Universal Robots серії E мають шість суглобів (з'єднань) та широкий діапазон гнучкості, що слугує для імітації діапазону рухів людської руки. Це промислові роботи, призначені для роботи з інструментами/кінцевими ефекторами та пристосуваннями, а також для обробки або переміщення компонентів, деталей чи виробів.

Роботи оснащені функціями безпеки, які спеціально розроблені для забезпечення спільної роботи, коли робототехнічна система працює без огорожі або разом з людиною. Спільна робота призначена тільки для

безпечних застосувань, де вся система, включаючи інструмент, заготовку, перешкоди та інші машини, не становить значної небезпеки згідно з оцінкою ризику конкретного застосування. Обрана для проекту модель середнього розміру 10е має радіус максимальної досяжності у 1300 мм. У цьому радіусі для рухів маніпулятора не має бути встановлено ніяких перешкод, а входити в цю зону під час роботи маніпулятора заборонено.

Правильна послідовність процесу розробки системи має вирішальне значення. Це гарантує, що тривимірні моделі пройдуть шлях від ескізів до фінальної візуалізації у вигляді зображення або анімації з мінімальними зусиллями. Для цього потрібно визначитись з основними етапами процесу та створити впорядкований алгоритм роботи над проектом (рис. 1). Цей алгоритм розроблено і практично протестовано в даних дослідженнях на моделі робота-маніпулятора.

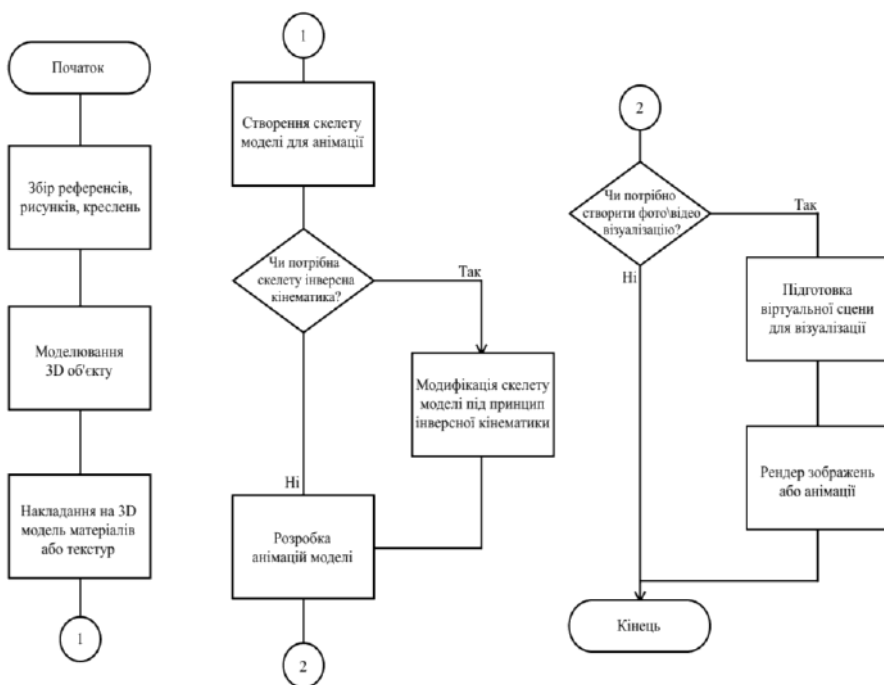


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розробки системи візуалізації та контролю робота-маніпулятора

Робота над проектом починається з ідеї – потрібно зібрати референси об'єкта розробки або створити креслення. Наступним кроком є

безпосередньо моделювання, текстурування моделі. Після цього етапу рекомендується створити копію проекту, щоб мати можливість повернутися до неї у випадку якщо потрібно буде переробити або відредагувати модель. Далі необхідно підготувати модель до анімації – створити анімаційний скелет та визначитись із типом скелету, який краще підходить для конструкції робота.

На етапі анімації ми використовуємо розроблений скелет, щоб контролювати віртуальну модель робота, виставляти її в певні пози або анімувати за допомогою ключових кадрів, посилаючи скелету моделі команди на зміну положення з плином часу. Таким чином, ми отримуємо систему для контролю віртуальної моделі робота.

Результатом розробки є система контролю тривимірної моделі робота, яка включає поетапну інструкцію та чіткий алгоритм, слідуючи якому можливо розробити власний віртуальний прототип робота, контролювати його інструментами анімації та створити ефектну презентацію моделі. За необхідності, можна створити для розробленої системи демонстраційні матеріали: підготовлюємо модель до рендеру, обставляючи навколо неї віртуальну сцену, камеру та освітлення. Фінальним кроком стає візуалізація готової 3D моделі у вигляді 2D зображення чи колекції зображень, які можна зібрати в анімацію.

Програмне забезпечення для 3D-моделювання дозволяє інженерам створювати детальні віртуальні прототипи компонентів і вузлів роботів, що уможливило ітеративні процеси проектування, оптимізацію механічних конструкцій та візуалізацію кінцевого продукту перед фізичним виробництвом. Тривимірна віртуальна симуляція дає можливість проводити навчання та підготовку спеціалістів у сферах медицини, інженерії, керування промисловою та військовою технікою. Завдяки використанню 3D-моделювання сфера робототехніки продовжує розвиватися, вдосконалюючи дизайн, функціональність та інтеграцію роботів у різних галузях і сферах застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Trajectory planning and control algorithm of industrial robot manipulator // Extrica. URL: <https://www.extrica.com/article/23274> (дата звернення: 28.09.2024).
2. Complete guide to manipulator robots // Robotnik. URL: <https://robotnik.eu/complete-guide-to-manipulator-robots-benefits-and-applications> (дата звернення: 28.09.2024).
3. Universal Robots Automation Company. Universal Robots e-Series User Manual // Universal Robots A/S, 2009–2020. – С. 1-89

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ АНАЛІЗУ АНОМАЛІЙ В МЕРЕЖЕВОМУ ТРАФІКУ

Зростання обсягу мережевого трафіку та ускладнення архітектури мереж призводять до виникнення нових викликів у забезпеченні інформаційної безпеки. Аналіз аномалій у мережевому трафіку є критично важливим для забезпечення безпеки та стабільності комп'ютерних мереж. Зі зростанням обсягів даних та складності мережевих інфраструктур, традиційні методи виявлення аномалій стають менш ефективними. У цьому контексті метод головних компонент виступає як потужний інструмент для пониження розмірності даних та виявлення прихованих патернів у великих наборах інформації [1].

Метод головних компонент, або звично PCA, є одним з найбільш поширених підходів для пониження розмірності даних, що використовується у візуалізації чи безпосередньо в алгоритмах машинного навчання. Фахівці з безпеки працюють з наборами даних великої розмірності. Буває корисним виділити у даних більш "значущі" її частини, щоб зрозуміти, як вони поєднуються між собою, виявити приховані зв'язки у деякому латентному просторі, або просто зобразити n -вимірний простір у вигляді дво- чи тривимірного графіку. Попри те, що метод головних компонент активно використовується в аналітиці та побудові різних моделей машинного навчання, досить часто механіка та елегантність, що схована за математикою PCA, є незрозумілою або неінтуїтивною.

Метод головних компонент належить до лінійних методів зниження розмірності, що дозволяє виявляти в даних основні напрямки варіацій, які максимально пояснюють дисперсію вихідного набору даних. У випадку аналізу мережевого трафіку, PCA дозволяє зосередитися на найбільш значущих характеристиках, що полегшує ідентифікацію аномалій, які можуть свідчити про потенційні загрози. PCA проектує багатовимірний простір в меншу кількість осей, дозволяючи виділити приховані патерни та можливі зв'язки між характеристиками мережевого трафіку [2].

Фахівці з безпеки кіберпростору часто взаємодіють з великими обсягами даних із багатьма змінними, що можуть ускладнювати аналіз і пошук аномальних патернів. Метод PCA стає корисним інструментом для таких випадків, адже дозволяє виділити найбільш значущі компоненти, які зберігають максимальну частку інформації з оригінального набору даних. PCA дозволяє звести багатовимірний простір, що містить безліч характеристик мережевого трафіку до двох-трьох вимірів, де відхилення від

норми можна візуалізувати та проаналізувати за допомогою спрощеної моделі.

Для застосування PCA потрібна ретельна попередня підготовка даних. Дані повинні бути нормалізовані, оскільки PCA є лінійним методом і чутливий до масштабування змінних. Якщо змінні мають різні одиниці виміру, метод може неправильно визначити вагомість характеристик. Попри свою ефективність, PCA здатний виявляти лише лінійні залежності між змінними, що може обмежувати застосування цього методу для складніших нелінійних патернів, характерних для деяких типів мережевого трафіку.

Метод PCA має як переваги, так і недоліки, що варто враховувати під час його використання для аналізу аномалій (див. таблиця 1).

Таблиця 1 – Переваги та недоліки методу головних компонент

Переваги	Недоліки
Ефективний для великих наборів даних	Потребує ретельної нормалізації даних
Проста математична основа	Виявляє лише лінійні залежності, що може бути недостатнім для складних мережевих патернів
Дозволяє сконцентрувати увагу на найважливіших характеристиках трафіку	Для побудови надійної моделі необхідні обширні дані нормального трафіку

Для застосування методу PCA у виявленні аномалій у мережевому трафіку необхідно мати достовірний та обширний набір даних нормального трафіку для створення моделі, що визначатиме аномалії шляхом порівняння нових даних із нормою. Постійний моніторинг та актуалізації даних є важливим елементом, оскільки безпека мережі є динамічним процесом, де з часом можуть виникати нові патерни.

Завдяки своїй здатності знижувати розмірність даних та виділяти найбільш значущі компоненти PCA є ефективним інструментом. Його використання дозволяє спростити багатовимірний аналіз, зосередившись на основних характеристиках, що пояснюють відхилення у мережевих даних, що допомагає не тільки зменшити обсяг оброблюваних даних, а й виявити приховані закономірності у трафіку. Проте, для успішного застосування методу необхідно враховувати його обмеження. Оскільки метод визначає лише лінійні залежності, він може бути недостатньо точним для характерних сучасним мережам складніших патернів. До того ж, побудова надійної моделі потребує ретельної підготовки даних і використання широкого набору нормального трафіку.

Метод може слугувати засобом для попереднього аналізу даних у системах виявлення аномалій, надаючи можливість фахівцям з кібербезпеки швидко зосередитися на ключових аспектах мережевого трафіку, що потребують подальшої уваги. Для покращення точності можна розглядати використання РСА у комбінації з іншими методами, що дозволяють обробляти нелінійні взаємозв'язки та підвищують ефективність виявлення аномалій у складних мережах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Signature vs. Anomaly-Based Detection: Which Is More Effective? URL: <http://surl.li/fioddi> (Дата звернення: 23.10.2024).
2. Математика машинного навчання. Метод головних компонент. Частина 2. URL: <http://surl.li/rtsglb> (Дата звернення: 24.10.2024).

УДК 004.056:004.057.4:336.7

Корченко А.О.¹, Климець Ю.А.²

¹ д-р техн. наук, проф., Поліський національний університет

² студ. гр. КБ – 23М, Поліський національний університет

СМАРТ КОНТРАКТ ДЛЯ ЦИФРОВОЇ МОНЕТИ В ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІЙ ЕКОСИСТЕМІ

В умовах зростання кіберзлочинності питання захисту фінансових активів стає все більш актуальним. Криптовалюта, як нова форма цифрової власності, надає можливості для захисту фінансів від неправомірних дій, що робить її значущим інструментом у сучасному фінансовому світі.

Метою роботи є дослідження криптовалюти та блокчейну, як інструментів для захисту цифрових активів, а також аналіз найбільш популярних блокчейн мереж і їхнього внеску в забезпечення прозорості та безпеки фінансових операцій.

В цілому полягає основна задача, описати поняття криптовалюти, її історію. При цьому пояснивши що таке «блокчейн», і як саме він працює. Також буде розглянуто такі блокчейн мережі, як Ethereum та Binance Smart Chain. Дослідимо методи забезпечення безпеки цифрових монет

Тема криптовалют активно обговорюється у сучасній науковій і практичній літературі. Історія криптовалют починається з Біткоїна, що став першою цифровою валютою на базі блокчейну. Згодом були створені інші проекти, такі як Ethereum і Binance Smart Chain, які пропонують нові рішення та технології для покращення функціонування цифрових валют. Науковці також акцентують увагу на питаннях безпеки та кіберзахисту цих систем.

У роботі було розглянуто базові принципи функціонування криптовалют і блокчейнів. Детально описано найбільш популярні блокчейн мережі, такі як Ethereum (з її стандартом ERC20) та Binance Smart Chain (з BEP-20), їх особливості та можливості для створення нових цифрових монет. Також досліджено методи захисту від кіберзлочинів, які можуть бути використані для підвищення безпеки цифрових активів. У роботі також було здійснено порівняння різних механізмів консенсусу, зокрема Proof of Work та Proof of Stake, для виявлення їхніх переваг та недоліків з точки зору продуктивності та споживання енергії. Окремо розглянуто проблеми масштабованості блокчейн-мереж, включаючи застосування технологій шардінгу та мереж Lightning Network для пришвидшення обробки транзакцій. Крім того, проаналізовано перспективи розвитку децентралізованих фінансів (DeFi) та смарт-контрактів, які відкривають нові шляхи для автоматизації фінансових операцій і створення інноваційних фінтех рішень.

У роботі, було показано, що блокчейн є основою сучасних криптовалют, пропонуючи децентралізовану систему захисту фінансових транзакцій. Популярні мережі, такі як Ethereum і Binance Smart Chain, забезпечують прозорість, надійність та можливість створення нових монет. Додаткові заходи безпеки, такі як внесення змін до коду монети, можуть значно зменшити ризики кіберзлочинності.

УДК 004.85

Bukhanovskiy Volodymyr, Ryabova Nataliya²

¹ PhD student, Kharkiv National University of Radio Electronics

² professor of AI Department, Kharkiv National University of Radio Electronics

TRANSFER LEARNING METHODS IN COMPUTER VISION

Transfer learning is a machine learning technique that uses a previously trained model to solve a new, but related task. This approach significantly reduces the amount of resources required to solve the problem compared to training the model from scratch.

Transfer learning is effective because convolutional neural networks learn the object features gradually, increasing complexity with each layer. In the first few layers, the network operates on low-level features (lines, curves, edges, etc.) that are common to any dataset or task. In the middle layers, the network operates on mid-level features (shapes, corners, circles), that usually differ if the datasets or tasks are very different (e.g. face recognition and machine recognition). In the highest layers, the network operates on high-level features that are extremely specific to the chosen task. Depending on the similarity of the task, we can use different amounts of knowledge that is already in the pre-trained model.

There are three transfer learning methods: using pretrained model as a classifier, using pretrained model as a feature extractor, fine-tuning [1]. Each of these methods is applicable under different conditions.

To choose a suitable method, we need to pay attention to the following parameters of the task: the size of the available data source for training (absent, small, large), the similarity of the domains of the pre-trained model and the task at hand (small, large). Based on these parameters, you can consider five main scenarios:

- if data sources are absent and the similarity is high, you can use pre-trained model as a classifier;
- if the size of the data source is small and the similarity is high, it is worth using pre-trained model as a feature extractor;
- if the size of the data source is large and the similarity is high, it is worth using pre-trained model as a feature extractor, or fine-tuning with freezing 60-80% of the pre-trained model;
- if the size of the data source is small and the similarity is low, it is worth using fine-tuning and freezing 30-50% of the pre-trained model;
- if the size of the data source is large and the similarity is small, it is worth using fine-tuning and training the entire pre-trained model.

The applied task was object detection, namely solid waste. It is relevant due to the global increase in the amount of waste and its negative impact on the environment [2].

Our previous work focused on researching data augmentation methods and training the entire model [3]. The proposed model can be used in various scenarios: monitoring pollution on city streets or roadsides, integration into waste recycling lines, and detection of unauthorized landfills.

The task can be solved in more optimal way using transfer learning technique. For this, we can use the same YOLOv8 model and the Trash annotation in context (TACO) data source [4]. Instead of using a pre-trained model on the COCO dataset, it is worth paying attention to the model trained on the Open Images V7 dataset due to the significantly larger amount of data (330k images vs. 9m images, respectively) and classes (80 classes vs. 600 classes, respectively) [5]. A larger number of classes allows us to match classes from the source data set for the pre-trained model and the source data set for transfer learning. As a result, we get the following list of classes: bottle, can (matches “can”, “tin can” in source dataset), cup (matches “cup”, “coffee cup”), plastic bag and wrapper (matches “plastic bag”), container (matches “plastic container”, “container”).

Considering the availability of the data source and the similarity of the domains, we can choose the second of the scenarios listed above.

In the previous work, YOLOv8s was chosen out of 5 available model sizes. It is the second smallest option among the proposed ones. The model architecture consists of 23 elements, has a total of 225 layers, 11140244 parameters, 11140228 gradients (Figure 1).

Instead of training the entire model, we can use the pre-trained model as a feature extractor and train only the classifier. To do this, we freeze all other layers and leave only the last one, which consists of 2120692 parameters. The number of parameters to train has dropped by about 5 times, which will significantly speed up training. It means a significant reduction in training epochs and training time.

If additional resources are present, we can consider a third scenario with fine-tuning and freezing 80% of the pre-trained model. With this approach, we rely on the information already present in the model about the low-level (lines, edges, curves, and small parts of objects) and medium-level features. The number of parameters will increase by about half. Potentially, the model will start to work better with the chosen classes.

	from	n	params	module	arguments
0	-1	1	928	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[3, 32, 3, 2]
1	-1	1	18560	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[32, 64, 3, 2]
2	-1	1	29056	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[64, 64, 1, True]
3	-1	1	73984	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[64, 128, 3, 2]
4	-1	2	197632	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[128, 128, 2, True]
5	-1	1	295424	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[128, 256, 3, 2]
6	-1	2	788480	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[256, 256, 2, True]
7	-1	1	1180672	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[256, 512, 3, 2]
8	-1	1	1838080	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[512, 512, 1, True]
9	-1	1	856896	ultralytics.nn.modules.block.SPPF	[512, 512, 5]
10	-1	1	0	torch.nn.modules.upsampling.Upsample	[None, 2, 'nearest']
11	[-1, 6]	1	0	ultralytics.nn.modules.conv.Concat	[1]
12	-1	1	591360	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[768, 256, 1]
13	-1	1	0	torch.nn.modules.upsampling.Upsample	[None, 2, 'nearest']
14	[-1, 4]	1	0	ultralytics.nn.modules.conv.Concat	[1]
15	-1	1	148224	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[384, 128, 1]
16	-1	1	147712	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[128, 128, 3, 2]
17	[-1, 12]	1	0	ultralytics.nn.modules.conv.Concat	[1]
18	-1	1	493056	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[384, 256, 1]
19	-1	1	590336	ultralytics.nn.modules.conv.Conv	[256, 256, 3, 2]
20	[-1, 9]	1	0	ultralytics.nn.modules.conv.Concat	[1]
21	-1	1	1969152	ultralytics.nn.modules.block.C2f	[768, 512, 1]
22	[15, 18, 21]	1	2120692	ultralytics.nn.modules.head.Detect	[12, [128, 256, 512]]

Model summary: 225 layers, 11140244 parameters, 11140228 gradients, 28.7 GFLOPs

Figure 1 – YOLOv8s architecture

As a result of applying transfer learning, an effectively working model can be obtained using significantly fewer resources.

REFERENCES

1. Elgendy M. Deep learning for vision systems. Manning Publications Co. LLC, 2020.
2. Solid waste management. UNEP - UN Environment Programme. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management> (date of access: 08.11.2024).
3. Бухановський В. О. Дослідження та застосування методів комп'ютерного зору для вирішення задач ідентифікації та класифікації твердих відходів : кваліфікаційна робота здобувача вищої освіти, пояснювальна записка. Харків, 2024. 60 р. URL: <https://catalogue.nure.ua/document=266177> (date of access: 08.11.2024).
4. Бухановський В. О. Дослідження та застосування методів computer vision для розпізнавання та класифікації забруднень. Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. Т. 6 : Конференція "Інформаційні інтелектуальні системи" : матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, Харків, 18 April 2024. Харків, 2024. Р. 958. URL: <https://doi.org/10.30837/IYF.IIS.2024.061> (date of access: 08.11.2024).
5. Ultralytics. YOLOv8. Ultralytics YOLO Docs. URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/#performance-metrics> (date of access: 08.11.2024).

PROBLEMS AND RECENT ADVANCEMENTS IN EFFICIENT IMAGE SUPER-RESOLUTION

In recent years, as the amount of visual content (especially images) on the internet has grown, the need for enhancement methods has increased. Such methods, often called 'restoration methods', include image super-resolution, denoising, deblurring, artifact removal, etc. However, while the accuracy of such methods shows promising results, their efficiency still needs improvements. Often, the proposed methods are hardly applicable in edge devices and real-time applications.

Image Super-Resolution (ISR) is the dominant area among all restoration methods. The objective is to enhance the resolution of images from low-resolution (LR) to high-resolution (HR) format, aiming to recover finer details and visual quality. It finds its application in medical imaging, satellite observation, security surveillance, multimedia, etc. The solutions cover a wide range of computer vision methods, from classical approaches to deep learning methods, including Convolutional Neural Networks (CNNs), Generative Adversarial Networks (GANs), and Transformers.

Classical methods, such as bicubic interpolation, often fail to deliver visually pleasing results as they do not account for complex high-frequency details, leading to blurry and unrealistic images. On the other hand, CNNs are able to capture complex patterns through hierarchical feature extraction. However, higher accuracy is often achieved by stacking multiple convolutional layers, increasing the number of parameters, and Floating-point operations per second (FLOPS). As a result, deploying these large CNN models for SR on resource-limited devices becomes inefficient, highlighting the need for more efficient approaches. To solve this problem, for example, the authors of BSRN [1] proposed to use Blueprint Separable Convolution (BSConv) to reduce redundant operations by leveraging intra-kernel correlations.

Recently, Transformers have gained popularity in Computer Vision tasks and Image Restoration in particular. The architecture allows the model to capture long-range dependencies and better understand contextual information across image regions, showing better performance than CNNs. However, Transformers are known for their high computational cost due to self-attention mechanisms. With the increase of the input size, the computational cost of the attention increases quadratically, which is inefficient in ISR task. To solve this problem, localizing attention methods can be used. For example, SwinIR [2] limits self-attention to

local windows rather than the entire image, reducing computational costs. ESRT [3] uses a similar approach, but reduces computational cost with splitting factor of the inputs of self-attention (queries, keys and values).

The results of the challenge on Efficient Super-Resolution [4] show some other techniques to reduce computational cost and the size of the model, e.g. network pruning, re-parameterization, parameter-free attention mechanism, etc.

Analyzing the keywords and the semantics of the titles and abstracts of almost 3900 papers in ISR task in arXiv database (Fig. 1), it can be seen that the trend on efficient method for ISR is continuously growing, especially in transformer-based methods.

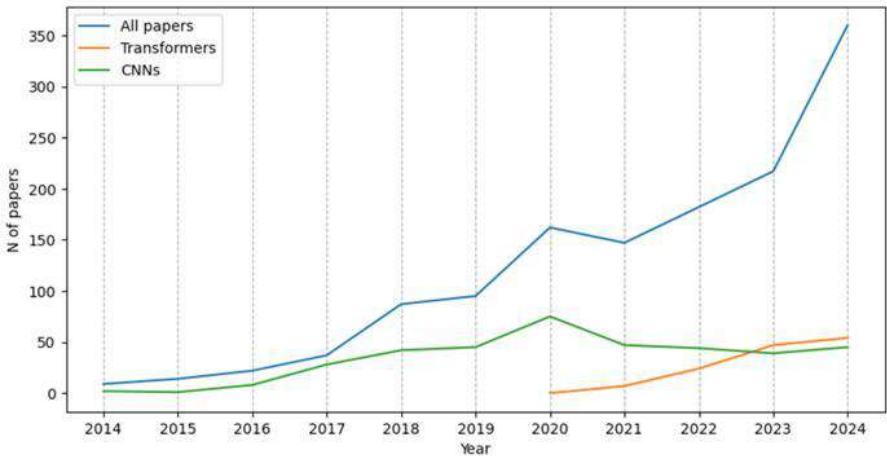


Figure 1 - The number of papers in ISR tasks that aim to improve efficiency/reduce memory usage or computational cost.

In conclusion, the field of efficient ISR is rapidly advancing, thanks to innovations in deep learning methods. These advancements are mostly driven by the demand for real-time performance on devices with limited resources and the development of lightweight architectures can be achieved through the optimization of the architecture and basic operations. However, challenges remain in computational efficiency and real-time application, making ISR a promising area for continued research and development.

REFERENCES

1. Z. Li, Y. Liu, X. Chen, H. Cai, et. al., Blueprint Separable Residual Network for Efficient Image Super-Resolution, Proceedings of the IEEE/CVF

Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2022, pp. 833-843;

2. J. Liang, J. Cao, G. Sun, K. Zhang, L. Van Gool, R. Timofte, SwinIR: Image Restoration Using Swin Transformer, IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), 2021, pp. 1833-1844;

3. Z. Lu, J. Li, H. Liu et. al., Transformer for Single Image Super-Resolution, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2022, pp. 456-465;

4. B. Ren, Y. Li, N. Mehta, et. al., The ninth NTIRE 2024 efficient super-resolution challenge report, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2024, pp. 6595-6631.

УДК 004.8

Didenko Artem¹, Subbotin Serhii ²

¹ PhD student, Software Tools Dept. NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² Dr. Sc., Professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

DEEP LEARNING-BASED FAULT DIAGNOSIS IN ROTATING MACHINERY

Rotating machinery comprises a broad class of mechanical components which often plays a critical role in many mechanical systems used in manufacturing, automotive, aerospace and other industries. Since rotating elements are commonly exposed to heavy loads they are a subject to wear and tear. Tough working conditions can subsequently lead to failures resulting in a loss of performance, a critical damage or safety issues.

In order to inspect a rotating component for a failure and detect its root cause a process of a fault diagnosis is used. One of the most rapidly developing techniques of a fault diagnosis is the usage of deep learning which allows to increase performance and accuracy of a process of fault detection. This work examines different methods of deep learning with its application to fault diagnosis in rotating machinery.

Non-intelligent methods of fault diagnosis in rotating machinery are based on signal processing techniques. These methods include approaches such as wavelet transform, adaptive decomposition, empirical mode composition, local mean decomposition and others. Traditional methods have such advantages as high interpretability, simplicity and robustness.

Since non-intelligent methods heavily rely on human knowledge and expertise, machine learning techniques are often used instead. These techniques include Bayesian classifier, support vector machine, k-nearest neighbors and artificial neural networks. Machine learning techniques allow to achieve high

adaptability, accuracy, as well as high classification and recognition capabilities. Among deep learning techniques convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) are widely used.

CNNs are mainly used for image recognition. Their main advantages are powerful feature extraction capability and high flexibility. CNNs thus can be used in fault diagnosis as a feature extractor for raw signal, preserving as much useful information as needed, or a classifier with multidimensional processed data. For example, the authors of [1] used CNN as a feature extractor and SVM as a fault classifier. This method outperformed other approaches which used traditional feature extraction techniques. Another usage of CNN in fault diagnosis can be observed in [2] where authors demonstrated that the accuracy of a CNN-based fault diagnosis method, which uses thermal image data, is significantly better than the accuracy of traditional signal-based methods.

RNNs are used for processing one-dimensional sequential data, such as texts and time-series signals. This advantage makes them well-suited for analyzing vibration signals. Due to the recurrent structure, RNNs have the ability to learn from past inputs and thus can explore temporal patterns in signals. Since simple RNNs can learn only short sequences of data, the long short-term memory (LSTM) and gated recurrent unit (GRU) are used instead. For example, LSTM RNN-based diagnosis was demonstrated in the work [3] and showed effectiveness in identifying fault categories, detecting the evolution of fault information and predicting the remaining life of the system.

In conclusion, deep learning-based methods of fault diagnosis in rotating machinery show better performance than traditional signal-based approaches, enabling precise detection, classification, and prediction of faults. These approaches reduce the need of manual feature extraction thus simplifying the process of fault diagnosis on early stages. The usage of CNNs allows to improve feature extraction step and gives additional flexibility for processing multidimensional data. RNNs, on the other hand, can analyze patterns in sequences of vibration signals.

REFERENCES

1. W. Gong, H. Chen, Z. Zhang, et al., A Novel Deep Learning Method for Intelligent Fault Diagnosis of Rotating Machinery Based on Improved CNN-SVM and Multichannel Data Fusion, *Sensors* 19.7, 2019, article 1693
2. A. Choudhary, M. Tauheed, F. Shahab, Convolutional neural network based bearing fault diagnosis of rotating machine using thermal images, *Measurement* 176, 2021, article 109196.
3. R. Yang, M. Huang, Q. Lu, M. Zhong, Rotating Machinery Fault Diagnosis Using Long-Short-Term Memory Recurrent Neural Network, *IFAC-PapersOnLine* 51, 2018, pp. 228–232

УДК 004.43

Соколова Є.В.¹, Артьомов А.І.²

¹ канд. техн. наук, доц., доц. кафедри інженерії програмного забезпечення
НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

² студ. гр. 611п НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИВЧАННЯ СУЧАСНИХ МОВ ПРОГРАМУВАННЯ

Програмування можна порівняти з вивченням іноземної мови, але замість того, щоб спілкуватися з людиною, мова програмування дозволяє передавати інформацію комп'ютеру. Основне завдання початківця-програміста полягає в тому, щоб навчитися виражати свої ідеї таким чином, щоб комп'ютер міг їх зрозуміти. Існує близько 9 000 мов програмування, і для кожного типу задач, платформи або операційної системи є оптимальні мови. Однак для ефективної роботи не обов'язково вивчати всі мови, достатньо освоїти кілька або навіть одну. Основним питанням залишається вибір мови для першого вивчення.

При аналізі навчальних дисциплін, що стосуються вивчення першої мови програмування в закладах вищої освіти України за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення», можна виявити певну закономірність, яка відображена в таблиці 1.

Таблиця 1. Перші мови програмування у навчальних закладах [1-2].

Перша мова програмування	Навчальний заклад
C++	НАУ ім. М. Є. Жуковського (ХАІ)
C++	Київський національний університет імені Тараса Шевченка
C++	Харківський національний автомобільно-дорожній університет
C++	Національний університет «Львівська політехніка»
C#	Житомирський державний технологічний університет
C/C++, C#	Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
Java	Луцький національно технічний університет
Python	Університет КРОК

Проведений аналіз даних дозволяє зробити висновок, що найпопулярнішою мовою програмування є C++, оскільки ця мова забезпечує широкі можливості для розробки різноманітного програмного забезпечення, включаючи операційні системи та комп'ютерні ігри. Однак, при проведенні порівняльної характеристики представлених мов програмування, можна виокремити ряд переваг та недоліків, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Недоліки та переваги перших мов програмування.

Використання мови програмування	Переваги	Недоліки
C++ - для створення ігор, системного та вбудованого програмування	Висока продуктивність – швидке виконання програм. Гнучкість – підтримка процедурного, об'єктно-орієнтованого та метапрограмування. Кросплатформність – сумісність з різними ОС. Багатий набір бібліотек – стандартні та сторонні інструменти. Контроль над ресурсами – управління пам'яттю та апаратним забезпеченням.	Складний синтаксис – важко для початківців. Ручне керування пам'яттю – можливість помилок. Повільна компіляція – довге компілювання великих проєктів. Відсутність автоматизації – немає вбудованого захисту від помилок. Старіння стандартів – потреба в оновленні знань через нові стандарти.
C# - для створення додатків для Windows, веб-розробки (ASP.NET), мобільних додатків (Xamarin), ігор (Unity), корпоративних рішень і хмарних сервісів (Azure).	Простота – зручний синтаксис для новачків. Універсальність – підходить для різних типів проєктів. Екосистема .NET – потужні інструменти та бібліотеки. Кросплатформність – підтримка Windows, macOS, Linux через .NET Core. Підтримка Microsoft – регулярні оновлення та документація.	Залежність від .NET – важко використовувати поза екосистемою Microsoft. Менша продуктивність, ніж C++ – для програм з високими вимогами до оптимізації. Молодша спільнота – менше бібліотек порівняно з іншими мовами.

Java - для розробки веб-додатків, мобільних застосунків (особливо для Android), а також великих корпоративних систем.	Крос-платформність – програми працюють на різних ОС завдяки JVM. Велика спільнота та підтримка – широке використання та доступ до бібліотек. Безпека – вбудовані механізми для управління доступом та захисту даних. Масштабованість – підходить для великих та складних систем.	Повільна продуктивність – порівняно з іншими мовами. Складний синтаксис – для новачків може бути громіздким. Висока потреба в пам'яті – більше ресурсів через JVM. Мінімальна гнучкість – менше низькорівневих можливостей для оптимізації.
Python - для розробки веб-додатків, наукових обчислень, аналізу даних, машинного навчання, автоматизації задач, створення скриптів та розробки ігор.	Простий синтаксис – легко вивчати та використовувати, популярний серед новачків. Широка екосистема бібліотек – для наукових обчислень, веб-розробки, даних та машинного навчання. Швидка розробка – зручний для прототипування та швидкої розробки. Крос-платформність – працює на різних ОС.	Повільність – порівняно з іншими мовами. Висока витрата пам'яті – обмежує використання в мобільних пристроях та embedded системах. Не підходить для високопродуктивних задач – не ідеальний для максимальних оптимізацій.

При виборі першої мови потрібно враховувати не тільки її недоліки та переваги, а також популярність на ринку праці. Для визначення популярності в мережі Інтернет ми будемо використовувати індекс ТІОВЕ (табл 3), який є індикатором популярності мов програмування.

Таблиця 3. Індекс ТІОВЕ для вибраних мов на 11.2023 -11.2024

Роки	C++,%	C#,%	Java, %	Python ,%
Nov 2023	10.67	7.71	8.92	14.82
Nov 2024	10.64	4.98	9.60	22.85

Для визначення популярності мов програмування на ринку праці проаналізована кількість актуальних вакансій для конкретної мови програмування на платформах вакансій (табл. 4).

Таблиця 4. Кількість актуальних вакансій за листопад 2023-2024 років з платформ вакансій

Платформи для вакансій	Роки	C++	C#	Java	Python
dou.ua	11.2023	57	111	120	131
	11.2024	44	55	144	151
djinni.co	11.2023	183	150	164	232
	11.2024	48	143	150	169

Висновки. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що доцільно вивчати першу мову програмування, таку як C++, хоча слід зазначити, що вона має досить високий поріг для початкового професійного використання та значну залежність стандартних бібліотек від конкретної операційної системи. Більшість функціональних можливостей C++ реалізуються через сторонні бібліотеки, що ускладнює створення додатків з графічним інтерфейсом. Крім того, варто звернути увагу на тенденцію зменшення актуальних вакансій для цієї мови. Ураховуючи результати дослідження, можна рекомендувати мову програмування Python для першого вивчення. Python підтримує сучасні підходи до програмування, має простий і зрозумілий синтаксис, зручну систему збірки та підключення сторонніх бібліотек через пакетні менеджери, що значно спрощує роботу з зовнішнім кодом. Крім того, зростаюча популярність цієї мови є ще одним важливим фактором для її вибору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Довгопол С. О. Аналіз досвіду навчання сучасним мовам програмування у закладах вищої освіти. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/233568027.pdf>
2. Горчинський С., Борисов Д. (2023). Обґрунтування вибору мови програмування для початкових курсів програмування. *Вісник №24 (180)*. DOI: 10.58407/visnik.232417

OPEN DATABASES FOR THE RESEARCH OF EDUCATION STATISTICS USING AI TECHNIQUES

There is a large number of existing databases, containing data on similar subjects. These datasets partially intersect, but also often have some data, that others lack. It is thus often necessary to search, collect and compile data from different datasets. However, different datasets, as well as access to them can be organized in significantly different ways. Let's look at the structure of some databases, relevant to the problems of decision-making in education:

EuroStat is a collection of datasets of statistics for EU countries, that has a lot of data about society, economy, environment, industry and other fields, and also some data on EU policy. The datasets relevant to education can be found in the "population and social conditions" category, and the datasets mostly show the number of people in a certain group, like students of a certain education level, academic personnel, people with a certain degree, or of some age group, etc. The data within these datasets is separated by a number of criteria and marked accordingly, to allow for grouping by a number of parameters, like sex, age, field of education and some others depending on a dataset. There are also datasets on financing and expenditures, that are organized in a similar way, and allow for filtering by education level, program orientation, sourcing, and other dataset-specific options. All of these datasets are accessed through a tree of categories leading to specific topics.

Organization for Economic Cooperation and Development or OECD Has a database that includes many of the same data categories as Eurostat's, but is structured in a different way, with more field being a separate top-level category. Relevantly for us, education is a top-level category, and not part of population and societal conditions, like in Eurostat's database. Also, OECD's data is not limited to EU countries. There is a lot of the similar data about students and staff and their distribution by various metrics, and data on the financial side: expenditure for education, both for the sources of funding and for the distribution of funds between educational institutions, about use of said funding, distributions and trends for salaries, etc. However, the data is organized in a different way. Instead of a tree of categories, leading to specific data tables that can be downloaded entirely or viewed on the website, specific datasets can be found on the website using tags and filters, and downloaded either entirely, or in a subset filtered by certain metrics.

European tertiary education register, or ETER is focused, as the name suggests, specifically on tertiary education. For that it contains data on the same parameters of institutions mentioned above, plus more data on scientific research

and specific programs like Erasmus, and generally more data on the tertiary education specifically. At the same time, the narrow focus means, that this register doesn't include the data about other levels of education, or anything outside of it. And once again, the data is organized in a different way. Unlike separate data tables in previous examples, ETER's data is in one big dataset, and their website offers a variety of categorized variables, which can be selected to pull specific data to show in the website's data viewer. User can find specific data through these variables and download a resulting table, or download the entire dataset.

As evident from these examples, similar data and user access to it can be organized in a variety of different ways. That can make simply searching for specific data overwhelming and time consuming. And even more so searching a dataset to find what data is not covered by others, and compiling data from different datasets into one. This is where artificial intelligence tools can be used. AI can be trained to comb through datasets, find and cross-reference the intersecting data, and use that to connect the unique parts of the datasets, compiling the required parts into one set.

REFERENCES

1. Eurostat's database: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
2. OECD Data explorer: <https://data-explorer.oecd.org/>
3. ETER Database: <https://eter-project.com/data/data-for-download-and-visualisations/database/>

УДК 004.9

Березоручька О.В.¹, Вичужанін В.В.²

¹ студ. гр. АД-191 НУ «Одеська політехніка»

² проф. НУ «Одеська політехніка»

РОЗРОБКА NOSQL БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ СППР УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМНИМИ ПРОЄКТАМИ

SQL та NoSQL бази даних розрізняються підходами до організації даних, що впливає на їх застосування в системах підтримки прийняття рішень (СППР). SQL бази даних зберігають інформацію в таблицях зі строго визначеними схемами, що забезпечує високу цілісність і підтримку складних запитів. NoSQL бази даних пропонують гнучкішу організацію даних у вигляді документів, колекцій або графів, що дозволяє створювати динамічні, вкладені структури без жорсткої схеми.

Для СППР управління програмними проєктами важлива здатність швидко додавати нові типи даних і поля, наприклад, історію змін, без порушення цілісності бази. Динамічна структура NoSQL спрощує це

завдання, уникаючи необхідності зміни всієї бази або складних міграцій, які часто потрібні в SQL-системах. У SQL базах такі зміни потребують корекції таблиць та зв'язків (через primary і foreign keys), що може знижувати продуктивність і вимагати додаткових тестів.

У цьому дослідженні будуть розглянуті можливості MongoDB як приклад ефективної NoSQL бази даних для СППР. MongoDB забезпечує зберігання пов'язаних даних у вкладених структурах, що дозволяє, наприклад, зберігати завдання разом із коментарями та виконавцями в одному документі. Така організація знижує потребу в приєднаннях (joins), характерних для SQL, оптимізуючи процес читання й підвищуючи продуктивність навіть при великих обсягах даних. MongoDB також дозволяє зберігати дані з неоднорідною структурою, що особливо корисно для сутностей із різними підтипами (наприклад, різні типи завдань), оскільки зберігаються лише ті поля, які мають значення. Це зменшує використання пам'яті та спрощує структуру даних, підвищуючи ефективність системи.

NoSQL бази даних забезпечують високу горизонтальну масштабованість, дозволяючи розподіляти дані між кількома серверами та обробляти тисячі одночасних з'єднань [3]. Це особливо актуально для команд із численними користувачами та великими обсягами даних, які працюють у реальному часі. Треба зазначити, що забезпечення безпеки даних у MongoDB є важливим аспектом для розроблюваної системи, що працює з конфіденційною інформацією про проекти, команди та клієнтів. MongoDB підтримує шифрування даних у спокої (at-rest) та під час передачі (in-transit), що забезпечує захист від несанкціонованого доступу під час мережевої передачі та запобігає витокам при зберіганні.

Для зберігання великих файлів, таких як вкладення, використовується механізм GridFS, який розбиває файли на частини та зберігає їх як окремі документи, що забезпечує доступність і ефективне зберігання [2]. Альтернативно, MongoDB може бути інтегрована з зовнішніми сховищами, такими як Amazon S3, для роботи з великими даними, що потребують специфічного зберігання.

Основними сутностями СППР для управління програмними проектами є Company, User, Project, Task і Team, кожна з яких містить специфічні поля для підтримки структурованості та гнучкості даних (рис. 1).

Company зберігає базову інформацію про компанію, включаючи назву, контактний email, загальний опис, а також списки працівників і проектів, що пов'язує компанію з учасниками та завданнями. User представляє користувача системи з контактними даними (ім'я, прізвище, телефон, унікальний email) і зашифрованим паролем із вимогами безпеки. User також містить роль у системі (наприклад, адміністратор) і професійну позицію (наприклад, QA чи Dev), що полегшує розподіл функцій і доступу. Project

охоплює назву, опис, команду, завдання, статус і вкладення, забезпечуючи контроль за робочим процесом проекту. Task деталізує завдання з полями для назви, опису, відповідального працівника, статусу, пріоритету, дедлайну, необхідних навичок, коментарів, витраченого часу та оцінки, що дозволяє оцінювати результати. Team об'єднує працівників у рамках конкретного проекту. Comment містить інформацію про автора, зміст, час створення та відповідне завдання, забезпечуючи зручну комунікацію. Така структура підтримує комплексне управління проектними даними та оптимізує процес прийняття рішень.

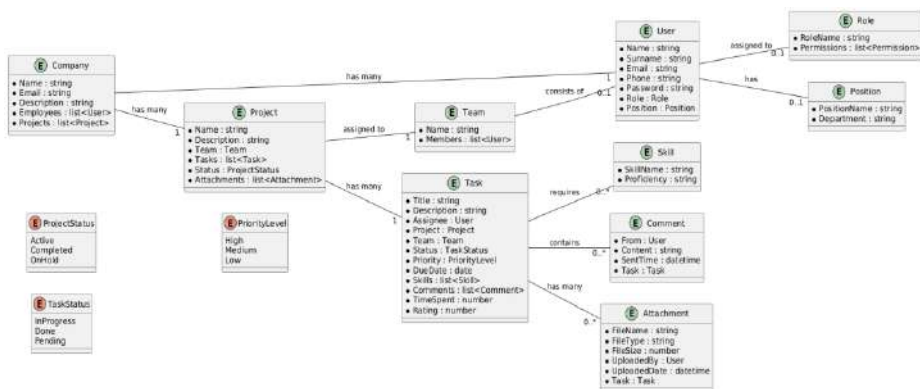


Рисунок 1 – ER-діаграма сутностей системи.

Система підтримки прийняття рішень для управління проектами реалізується на платформі .NET, що забезпечує надійну основу для розробки з високою продуктивністю та інтеграцією. Серверна частина використовує ASP.NET Core Web API, який дозволяє ефективно обробляти запити, управляти доступом за ролями та забезпечувати стабільний хостинг API. Інтерфейс створюється за допомогою Blazor, що об'єднує клієнтську та серверну частини в межах однієї екосистеми .NET, спрощуючи розробку та обслуговування. Для алгоритмів машинного навчання застосовано ML.NET, а MongoDB використовується як основна база даних для гнучкого зберігання інформації, що відповідає динамічній структурі проектів.

Для інтеграції .NET із MongoDB використовується офіційна бібліотека MongoDB.Driver, що забезпечує стабільну та ефективну роботу з базою даних. Бібліотека підтримує повний набір CRUD-операцій (створення, читання, оновлення, видалення) і дає змогу налаштовувати запити для підвищення продуктивності. Підключення здійснюється через URL сервера з параметрами для захищеного з'єднання, а класи для кожної сутності спрощують управління даними через API за допомогою методів

InsertOneAsync, FindAsync, ReplaceOneAsync та DeleteOneAsync. Оптимізація взаємодії включає налаштування пулу з'єднань для стабільності при високих навантаженнях і використання асинхронних методів `async/await` для зниження затримок, що забезпечує масштабованість і стабільність системи при значних обсягах даних та багатокористувацькій роботі [1].

У процесі розробки NoSQL-бази даних для СППР управління програмними проектами було обґрунтовано вибір MongoDB завдяки її гнучкості, масштабованості та можливості динамічного розширення структури даних. MongoDB підтримує вкладені структури, одночасні підключення та адаптується до змінних вимог проєктів. Інтеграція з .NET через MongoDB.Driver забезпечує стабільну архітектуру, оптимізуючи обробку даних і відповідність високим вимогам до продуктивності. Розроблені сутності та алгоритми ефективно інтегруються в архітектуру системи, підтримуючи прийняття зважених рішень у реальному часі, що критично важливо для управління сучасними програмними проєктами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Carter L. Beginning mongodb atlas with .NET: flexible and scalable document storage for .NET developers. Apress L. P., 2023.
2. Le T. T., Lam Pham X. Towards NoSQL databases: experiences from actual projects. IBDAP, Bangkok, Thailand, 1–2 September 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/ibdap55587.2022.9907664>.
3. MongoDB: powerful and scalable data storage. O'Reilly Media, Incorporated, 2019. 425 p.

УДК 004.63

Бойко М.В.^{1,2}

¹ асп., кафедра комп'ютерних наук, Сумський державний університет

² старший детектив, Підрозділ детективів цифрової криміналістичної лабораторії, Національне антикорупційне бюро України

МЕТОД ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗНИКАЮЧИХ ПОВІДОМЛЕНЬ НА ТЕЛЕФОНАХ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID

Вагому роль при розслідуванні кримінальних проваджень відіграє електронна переписка, виявлена на різних мобільних пристроях фігурантів розслідування. Переважна більшість месенджерів зберігають історію повідомлень у базах даних SQLite. За певних умов видалені повідомлення можуть ще зберігатися певний час у різних частинах цих баз даних або в відповідних файлах WAL та journal. Проте стан цих сховищ повідомлень змінюється в залежності від налаштувань, зроблених розробниками

месенджерів, від активності користувача, налаштувань телефону тощо. Під час проведення цифрових досліджень відновлення видалених повідомлень є доволі складною задачею з невизначеним наперед результатом [1, 2].

Мета роботи – розробити метод, що дозволяє зберегти зникаючі повідомлення на телефонах Android та/або мінімізувати ризики їх знищення до моменту створення копії.

Під час дослідження використовувалися телефони Xiaomi Redmi Note 7 (Android 10) та Samsung A52s 5G (Android 14), на яких було встановлено такі месенджери, як: Signal (v. 7.21.5, 7.22.2), WhatsApp (v. 2.24.21.79), Telegram (v. 11.2.2, 11.2.3), Viber (v. 23.8.3.0), Zangi (v. 6.0.9). На телефонах у кожному з месенджерів створено переписку між двома співрозмовниками з використанням таймерів автовидалення повідомлень. Періоди автовидалення повідомлень обиралися рівними 1 хвилині, 1 годині або 1 добі, де це було можливо.

Після цього розглянуто питання впливу наступних маніпуляцій з налаштуваннями телефону на схоронність зникаючих повідомлень при:

- переведення телефону в режим польоту без зміни часу [3];
- переведення телефону в режим польоту зі зміною часу;
- зміна часу телефону з подальшим переведення в режим польоту;
- переведення телефону в режим польоту та примусове завершення роботи додатків без проведення інших маніпуляцій.

В останньому випадку з метою перевірки схоронності повідомлень через 24-72 години після сплину терміну автовидалення повідомлень створювалися копії повної файлової системи телефонів. При цьому телефони перебували у ввімкненому стані та могли як перезавантажуватися, так і ні.

У результаті перших трьох етапів дослідження встановлено, що зникаючі повідомлення в месенджерах Whatsapp, Viber, Telegram видаляються рівно через зазначені періоди часу незалежно від наявності/відсутності мережі та від переведення час телефону назад/вперед. Натомість знищення зникаючих повідомлень у Signal і Zangi відбувалося тільки в намічені дату та час згідно таймера телефону. Тобто переведення часу телефону назад запобігало видаленню повідомлень у месенджерах Signal і Zangi. При цьому Zangi при маніпуляціях з часом взагалі переставав видаляти повідомлення. Лише перезапуск застосунку поновлював цей процес.

У випадку з примусово закритими додатками усі зникаючі повідомлення, які повинні були видалитися, збереглися у створеній копії даних у всіх випадках. Під час цього етапу додатково зафіксовано кількість відновлених повідомлень з числа тих, що вже видалилися з чатів на момент примусового завершення роботи месенджерів. У таблиці 1 наведено кількість таких відновлених повідомлень з телефону Xiaomi. При пошуку за словами

серед баз даних месенджерів жодного іншого видаленого повідомлення не виявлено. У випадку з Whatsapp було відновлено останні повідомлення. Аналогічно під час створення інших копій іноді могли бути відновленими декілька останніх повідомлень у месенджерах Signal і Zangi. Ці результати корелюються з іншими роботами [1, 2].

Таблиця 1 – Дані щодо відновлених повідомлень

Пристрій	Назва месенджера	Отримані	Надіслані
Xiaomi Redmi Note 7 (Android 10)	Viber	4/12	3/12
	Whatsapp	7/15	5/12
	Telegram	0/15	0/20
	Telegram secret chat	0/12	0/12
	Signal	0/10	0/15
	Zangi	0/12	0/13

Отже у випадку необхідності збереження зникаючих повідомлень у месенджерах на телефонах Android можна запропонувати метод, який полягає в таких кроках:

- переведення телефону в режим польоту;
- примусове завершення роботи додатків.

Цей метод дозволяє удосконалити алгоритми дій осіб, що проводять вилучення незаблокованих телефонів Android з доступом до управління його налаштуваннями [3]. Для цього пропонується після переведення телефону в режим польоту перед виконанням інших дій примусово завершити дії месенджерів (рисунок 1). Це повинно зафіксувати стан баз даних SQLite, що містять історію електронної переписки, та запобігти видаленню/зміні даних. Переведення дати назад може застосовуватися опціонально.



Рисунок 1 – Удосконалення алгоритму дій при вилученні телефону на базі операційної системи Android.

Таким чином можна сказати таке. Маніпуляції з часом не сприяють збереженню зникаючих повідомлень у месенджерах Viber, WhatsApp,

Telegram на телефонах Android. Переведення дати назад у налаштуваннях телефонів Android при їх вилученні може бути використано в окремих випадках (наприклад, для збереження повідомлень у месенджерах Signal, Zangi). Як видно з таблиці 1, результати відновлення вже видалених зникаючих повідомлень є незадовільними в усіх випадках. Тому в загальному випадку для збереження зникаючих повідомлень та/або мінімізації ризиків їх видалення рекомендується примусово завершувати роботу месенджерів, дані з яких становлять інтерес для досудового розслідування.

Висновок. Представлений метод збереження зникаючих повідомлень дозволяє зберегти цифрові сліди кримінального правопорушення на телефонах Android. За допомогою цього методу можна вдосконалити стандартні алгоритми дій при вилученні незаблокованих телефонів Android, що дозволить запобігти видаленню зникаючих повідомлень та/або зменшити ризики їх видалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vasilaras, A., Dosis, D., Kotsis, M. and Rizomiliotis, P., “Retrieving Deleted Records from Telegram,” Forensic Science International: Digital Investigation, 2022, vol. 43. DOI: 10.1016/j.fsidi.2022.301447.

2. Heath, H., MacDermott, Á. and Akinbi, A., “Forensic Analysis of Ephemeral Messaging Applications: Disappearing Messages or Evidential Data?,” Forensic Science International: Digital Investigation, 2023, vol. 46. DOI: 10.1016/j.fsidi.2023.301585.

3. Interpol, “Guidelines for digital forensics first responders: Best practices for search and seizure of electronic and digital evidence”, Interpol, no. March, 2021.

УДК 004.02

Волков А.Ф.¹, Ярошук Р.В.²

¹ начальник кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

² курсант 642 гр. Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТИПУ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ТА ФІЛЬТРА КАЛМАНА

Високотехнологічні війни сучасності вимагають прийняття рішень в умовах обмеження часу, невизначеності та недостовірності інформації. Для системи протиповітряної оборони держави однією з основних проблем є ідентифікація типу засобів повітряного нападу для прийняття рішення на

застосування адекватної зброї для їх ефективного знищення. Методи ідентифікації які на сьогоднішній день використовуються мають низьку точність та ефективність у нелінійних системах та швидкоплинних умовах обстановки.

Для вирішення зазначеної проблеми пропонується алгоритм ідентифікації типу повітряних цілей, який поєднає метод нечіткої логіки та розширений фільтр Калмана (ЕКФ), який використовує лінеаризацію нелінійних рівнянь за допомогою методів Тейлора, що дозволяє розширеному фільтру працювати з нелінійними системами, хоча він все ще може бути менш точним при сильно нелінійних траєкторіях. В цілому поєднання методу нечіткої логіки та розширеного фільтру Калмана (ЕКФ) дозволить:

- здійснити фільтрацію інформації, яка надходить в умовах застосування противником завад та наявності різносторонніх шумів, корекцію помилок через розширений фільтр Калмана (ЕКФ), що дозволить точно оцінити параметри повітряної цілі, такі як ефективна площа розсіювання, швидкість, висота, курс тощо;

- працювати з неточними або неповними даними та приймати рішення в умовах невизначеності використовуючи нечітку логіку для класифікації цілей на основі нечітких правил “ЯКЩО - ТО”.

Основні етапи розробки алгоритму наступні.

Етап 1. Збір та фільтрація даних про параметри повітряної цілі за допомогою розширеного фільтра Калмана (ЕКФ): узагальнення, обробка інформації про параметри повітряної цілі від засобів радіолокаційної розвідки; обробка отриманої інформації з використанням розширеного фільтра Калмана (ЕКФ) з метою зменшення впливу активних завад, стороннього шуму та помилок вимірювань, прогнозування наступного положення цілі на основі попередніх вимірів. Кінцевий результат на цьому етапу це отримання більш точних оцінок параметрів цілі в реальному часі, зменшуючи похибки в умовах зашумлених вимірювань і змінних умов.

Етап 2. Формування нечітких множин для параметрів цілі: після відфільтрування кожний параметр повітряної цілі класифікується за допомогою нечітких множин, для кожного параметра встановлюються нечіткі множини, які описують значення як “низькі”, “середні”, “високі” (наприклад, швидкість може бути визначена через нечіткі категорії: “низька” (до 100 м/с), “середня” (100–330 м/с), “висока” (понад 330 м/с). Результатом етапу є можливість урахування невизначеності параметрів повітряної цілі та можливість створити гнучку модель, здатну адаптуватися до умов, де дані не є чіткими.

Етап 3. Класифікація цілей за допомогою правил нечіткої логіки: класифікація типу повітряної цілі на основі правил “ЯКЩО – ТО”

(наприклад, “Якщо швидкість висока, ефективна площа розсіювання велика, висота польоту велика, то це літак”); правила нечіткої логіки базуються на експертних знаннях, досвіді або попередніх даних і дозволяють системі обробляти ситуації, де кілька можливих рішень можуть бути частково правильними (наприклад, об’єкт може бути частково класифікованим як літак або ракета, в залежності від параметрів); на основі нечіткої логіки обчислюється ступінь належності цілі до різних типів, таких як “літак”, “БпЛА”, “ракета”, “вертольот” і система генерує кілька можливих варіантів ідентифікації.

Етап 4. Дефазифікація для визначення конкретного типу цілі: після нечіткої класифікації система переходить до етапу дефазифікації, на якому нечіткі висновки перетворюються в чіткі рішення (наприклад, якщо об’єкт має 70% належності до категорії “вертольот” і 30% до категорії “БпЛА”, система вибирає варіант з найвищим ступенем належності), це дозволяє отримати конкретний тип цілі, який може бути переданий в систему управління для прийняття рішень, таких як визначення пріоритетності загрози або вибір адекватного озброєння для знищення цілі.

Запропонований алгоритм дозволить підвищити точність та надійність ідентифікації повітряних цілей в умовах динамічних змін та зашумлених даних. Поєднання розширеного фільтра Калмана (EKF) з нечіткою логікою забезпечує адаптивність системи до змінних умов, зокрема маневреності цілі та зовнішніх впливів. Це рішення має потенціал для впровадження в системи ППО для більш ефективного захисту від загроз з повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Yaroshchuk, R. (2024). Development of a model for determining the priority of air targets based on fuzzy logic. *International Competition of Student Scientific Works Black Sea Science 2024, Proceedings*, 422–433. Available: https://drive.google.com/file/d/17Rjl2sjs02vdB0vh4jehhFP59TL_xAH4/view
2. Kumar, M., & Mondal, S. (2023). A fuzzy-based adaptive unscented Kalman filter for state estimation of three-dimensional target tracking. *International Journal of Control, Automation, and Systems*. <https://doi.org/10.1007/s12555-022-0441-9>
3. Asl, R. M., Palm, R., Wu, H., & Handroos, H. (2020). Fuzzy-based parameter optimization of adaptive unscented Kalman filter: Methodology and experimental validation. *IEEE Access*, 8, 54887–54904. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2979987>
4. Bonyan Khamseh, H., Ghorbani, S., & Janabi-Sharifi, F. (2019). Unscented Kalman filter state estimation for manipulating unmanned aerial vehicles. *Aerospace Science and Technology*, 92, 446–463. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.06.009>

5. Impraimakis, M., & Smyth, A. W. (2022). An unscented Kalman filter method for real time input-parameter-state estimation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 162, 108026. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108026>

УДК 004.8

Гардиш Д.О.¹, Кліменко В.І.², Мазурець О.В.³

¹ студ., Хмельницький національний університет

² викл. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

³ канд. техн. наук, доц., доц. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ВІДПОВІДНОСТІ МНОЖИНИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ СЕМАНТИЧНІЙ СТРУКТУРІ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗАСОБАМИ ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ

Навчальні матеріали можуть бути представленні різними компонентами. Найчастіше це відбувається за допомогою тексту. Він містить багато теорій, фактів, правил, прикладів для засвоєння інформації. Також інформація може бути представлена за допомогою формул чи таблиць, які зазвичай мають більш організований спосіб відображення інформації. Діаграми та графіки часто використовують для візуального відображення зв'язків між різними елементами. А ілюстрації часто застосовують задля показу конкретних об'єктів, процесів або навіть для зацікавлення [1].

Для перевірки засвоєного матеріалу використовують різні підходи. Ці підходи допомагають зрозуміти ефективність навчального процесу та здійснити аналіз навчальних досягнень. Основними методами перевірки є усна перевірка, практична діяльність, виконання завдань, спостереження, написання есе, контрольних та лабораторних робіт. Проте, найчастіше для перевірки знань використовують тестування [2].

Сьогодні, тестування вийшло на новий рівень популярності, завдяки своїй швидкості та зручності створення і проведення. Онлайн-тестування надають можливість швидко та без зайвих зусиль перевірити знання кожного. В освітньому процесі велика увага зосереджена на вдосконаленні якості та ефективності навчальних матеріалів, зокрема, тестових завдань, які є цінним інструментом для оцінки знань та розуміння учнів. Проте, варто не забувати, що звичайні методи оцінювання зазвичай обмежені тільки перевіркою правильності відповідей без урахування семантичного зв'язку та контексту [3, 4]. В результаті чого це може призвести до необ'єктивних результатів та неефективного використання навчальних матеріалів.

Метою роботи є створення методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови.

Метод аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови повинен надавати можливість зіставляти семантичну структуру з ключових слів навчальних матеріалів, обраховану за допомогою методу дисперсійної оцінки та семантичну структуру тестових завдань. На рисунку 1 схематично зображено етапи виконання методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови. На вхід подається обраний текстовий контент навчальних матеріалів, а також база тестових завдань, яка відповідає обраному обсягу навчального матеріалу.

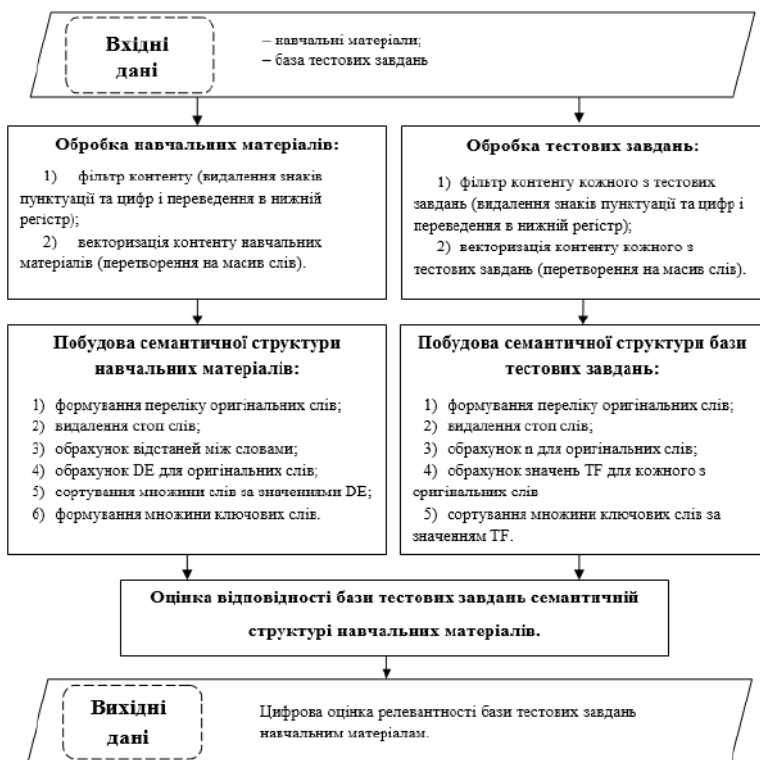


Рисунок 1 – Схема та кроки методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів

Після прийому вхідних даних, починається їх обробка. На початку виконується фільтрація навчальних матеріалів. Фільтрація включає в себе видалення знаків пунктуації та цифр, а також переведення всього тексту в нижній регістр. Після чого відбувається векторизація текстового контенту, перетворення його на масив слів. Для бази тестових завдань для початкової обробки застосовуються аналогічні етапи, що й до навчальних матеріалів.

Отримавши два переліки слів, далі виконується їх аналіз. Тобто, відбувається формування множини ключових слів для навчальних матеріалів за допомогою дисперсійного оцінювання DE та для тестових завдань за допомогою частотного аналізу TF. Для цього першим етапом відбувається формування множини оригінальних слів. Потім, з тексту видаляються стоп-слова, такі як займенники, прийменники, числівники та сполучники. Далі для навчальних матеріалів виконується обрахунок відстані між словами і визначення семантичної важливості слів за допомогою дисперсійного оцінювання DE; для бази ж тестових завдань виконується обрахунок кількостей появ оригінальних слів і визначення семантичної важливості слів за допомогою за частотного аналізу TF. Після чого, шляхом сортування множин оригінальних слів за зменшенням їх оцінок семантичної важливості та обмеженням за граничним значенням, відбувається формування множин ключових слів як для навчальних матеріалів, так і для тестових завдань.

Після цього, коли визначено ключові терміни навчальних матеріалів та ключові терміни тестових завдань, виконується етап оцінювання релевантності бази тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів. Для цього перевіряється, чи усі важливі терміни, які містяться у навчальних матеріалах, наявні в тестових завданнях.

Вихідними даними методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів є числова оцінка відповідності множини тестових завдань семантичній складовій навчальних матеріалів.

У межах аналізу ефективності розробленої методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів, було проведено дослідження, у якому порівнюється результати оцінювання релевантності бази тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів, одержані розробленою тестовою інформаційною системою, з оцінками експерта (рисунк 2).

Для проведення дослідження було використано дев'ять навчальних матеріалів разом із відповідними множинами тестових завдань. В результаті кожного аналізу було отримано числовий відсоток перекриття тестами контенту навчального матеріалу.

Порівнявши результати в наведеній діаграмі, можна зробити висновок, що метод працює коректно, а різниця між висновком програми та висновком

експерта складає середню різницю 8,261% (в кращому випадку 2%, а в гіршому 18%).

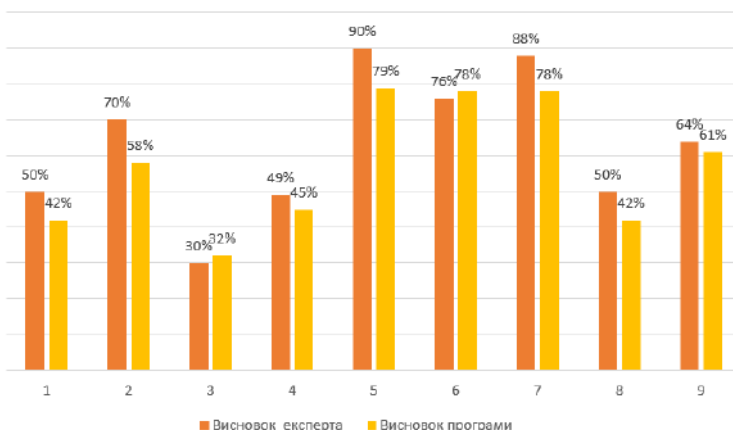


Рисунок 2 – Діаграма результатів дослідження ефективності методу аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови

Отже, було запропоновано підхід до аналізу відповідності множини тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів засобами обробки природної мови, який було імплементовано у вигляді відповідного методу. Проведене дослідження практичного застосування розробленого методу виявило його працездатність та можливість використання для аналізу відповідності множин тестових завдань семантичній структурі навчальних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. O. Barmak, I. Krak, O. Mazurets, S. Pavlov, A. Smolarz, W. Wojcik, Research of efficiency of information technology for creation of semantic structure of educational materials. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, vol. 1020, pp. 554–569.

2. Mazurets O. Method for Using of Production Knowledge Model in Intellectual Adaptive Semantic Testing. *Innovations in the Education of the Future: Integration of Humanities, Technical and Natural Sciences : International collective monograph*. Faculty of Information Technology, Czech Technical University. Prague, 2023. P.340-360.

3. Гардиш Д.О., Кліменко В.І. Прикладні аспекти автоматизованого оцінювання відповідності кейса тестових завдань семантичній складовій

навчальних матеріалів. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2023». Хмельницький, 2023. с. 57-63.

4. Hardysh D., Klimenko V., Mazurets O. Intelligent System for Automated Assessment of Test Tasks Sets Conformity to Semantic Structure of Educational Materials. Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference. «Distance learning: problems, ways of development and the latest technologies». Munich, Germany. Pp. 276-282.

УДК 004.8

Жуков О.О.¹, Горбенко В.І.²

¹ асист., Запорізький Національний Університет

² канд. фіз.-мат. наук, доц., Запорізький Національний Університет

ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНУ ВУЛИКА ЗА ДОПОМОГОЮ LSTM МЕРЕЖ ТА АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Моніторинг стану бджолиних колоній є важливою задачею сучасного бджільництва. Серед інших можливих станів, важливим є виявлення процесу роїння, коли значна частина колонії покидає вулик разом із маткою [1]. Своєчасне виявлення роїння може запобігти втраті частини колонії та зменшити економічні збитки пасічників. Традиційні методи моніторингу, що базуються на періодичних візуальних оглядах, мають обмеження у частоті та якості спостережень [2]. Хоча існуючі автоматизовані системи моніторингу можуть збирати дані безперервно, їх ефективність часто обмежена специфікою конкретного вулика та умов його експлуатації.

Метою даного дослідження є розробка системи виявлення стану роїння, що базується на аналізі відносних змін ваги вулика з використанням нейронних мереж на базі LSTM.

У дослідженні використано набір даних з платформи Kaggle, що містить похвилинні показники сенсорів з вуликів за період 2019-2022 років [3]. Серед даних що надає цей датасет, можна виділити дані про вагу вуликів та події, що з ними відбувались, зокрема роїння. Процес підготовки даних включав наступні етапи:

- інтерполяція та згладжування даних про вагу;
- агрегація даних з хвилинного до 20-хвилинного інтервалу;
- розрахунок відносної зміни ваги у відсотках відносно 5 попередніх часових кроків;
- формування вікон розміром 24 кроки для аналізу часових рядів;
- створення міток, що вказують на наявність події роїння для кожного вікна.

Такий підхід до обробки даних дозволяє створити універсальну модель, що не залежить від абсолютної ваги конкретного вулика. Після підготовки даних, було отримано набір з 278 часових рядів, 50% з яких містять подію роїння. Дані були розділені на тренувальну (75%) та тестову (25%) вибірки зі збереженням співвідношення позитивних та негативних прикладів.

Розроблена модель нейронної мережі має наступну архітектуру: LSTM шар (розмір = вікно * 10) з функцією активації ReLU, Dropout шар з коефіцієнтом 0.1, Dense шар (розмір = вікно * 10) з функцією активації ReLU, вихідний Dense шар розміром 1 з сигмоїдною функцією активації, де розмір вікна = 24 кроки.

Модель навчалася впродовж 25 епох, зі значенням batch size = 25. Результати навчання моделі наведено на рисунку 1, де видно позитивну динаміку точності та функції втрат. У результаті навчання модель показала значення точності на наборі даних для валідації у 95%.

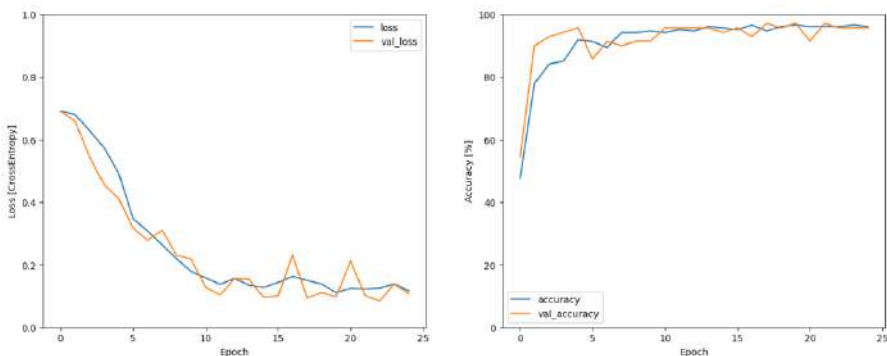


Рисунок 1 – Графіки значень функції втрат та точності для наборів валідації та навчання.

Розроблена модель демонструє високу ефективність у виявленні роїння на основі аналізу відносних змін ваги вулика. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію розміру вікна та частоти збору даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., & Stalidzans, E. Challenges in the development of Precision Beekeeping // Biosystems Engineering. 2015. Vol. 130. P. 60-71.
2. Meikle, W. G., & Holst, N. Application of continuous monitoring of honeybee colonies // Apidologie. 2015. Vol. 46, No. 1. P. 10-22.

3. Senger, D., Gruber, C., Kluss, T., Johannsen, C. Weight, temperature and humidity sensor data of honey bee colonies in Germany, 2019–2022 // Data in Brief. 2024. Vol. 52. 110015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.110015>.

УДК 004.94

Kvitkovskyi Ivan¹, Altukhova Tatiana²

¹ student of the group IPZm-23 of Donetsk National Technical University

² associate professor of Donetsk National Technical University

MODELLING THE PROCESS OF THREATS ATTACK ON INFORMATION SYSTEM USING PETRI NETS

Currently, information plays a rather important role in the entire world community, as it provides direct transmission of knowledge, any events, description of feelings and emotions and, in general, is considered a rather powerful weapon for manipulating consciousness and events and their possible consequences, general public opinion and the formation and influence on the assessment of events that have taken place [1]. The development of information and telecommunication technologies and the latest methods of information processing has now led to the rapid development of all modern possibilities of scientific and technological progress, global information and technological development in society. However, the rapid development of informatisation has led to the rapid emergence of problems directly with information security both in Ukraine and around the world, which, in turn, are divided into problems of information protection itself and protection against information threats, therefore, given their danger, the issue of their prevention and neutralisation requires rather strict decisions and appropriate actions, which determined the relevance of studying the impact of information threats using modern intellectual modelling methods [2].

Protection in information systems involves a certain specificity, which is associated with the fact that information is quite easily and quickly copied and transmitted through communication channels, thereby ensuring security breaches both from external and internal offenders. However, given that IT technologies are developing more and more every year, it is the security breachers who are directing their actions to find more effective tools and develop malware that will not be able to be countered by modern security systems. The stages of cyber threat research in this area involve the performance of certain operations, which are shown in Fig. 1 [2]. Therefore, the use of Petri nets to create a simulation model for studying threat attacks will make it possible to identify possible risks to information systems.

In the process of developing the model, it is necessary to understand that when a user's information system is affected by a virus element, the sets of its

vulnerabilities and existing damages that occur in the systems may change. Therefore, taking this into account, the detailing of the event of ‘damage’ to the operating system occurs by applying the definitions of partial or complete damage, as well as directly by the process of its recovery (Fig. 2). When this process is completed, two states of the system will be determined, namely the successful implementation of a cyberattack by a security breach and the information system will be considered compromised, and the normal, operable state of the user's system. The Petri net used for the process of modelling a threat attack on an information system can be represented as a tuple [3, 4]:

$$N = \langle P, T, I, Q, M, Z, S \rangle, \quad (1)$$

where $P = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – finite set of events; $T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_v\}$ – finite set of transitions; $I(t) = p$ – an input function that determines the multiplicity of input transition paths; $Q(t) = p$ – output function that determines the multiplicity of output transition paths; $M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_w\}$ – labelling, at that, $m_i = m(p_i)$; $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_w\}$ – parameters of the time delay of markers in the network positions; $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_w\}$ – parameters for the timing of markers in network positions [4].

The study of the attack of information threats using the obtained UML state model was carried out at three stages: first, simulation of the intruder's actions using a virus (Fig. 3, a), second, simulation of user actions during and after a cyberattack (Fig. 3, б), and third, direct infection of the system with a virus application (Fig. 3, в).

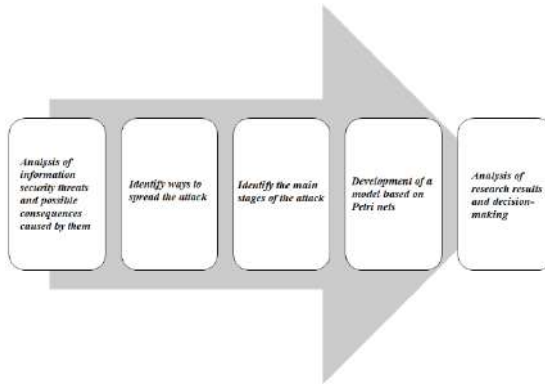


Figure 1 - The main stages of modelling the process of attacking an information system

Based on the results of the study at all three stages, a graphical representation of the time course of the information system was formed (Fig. 4).

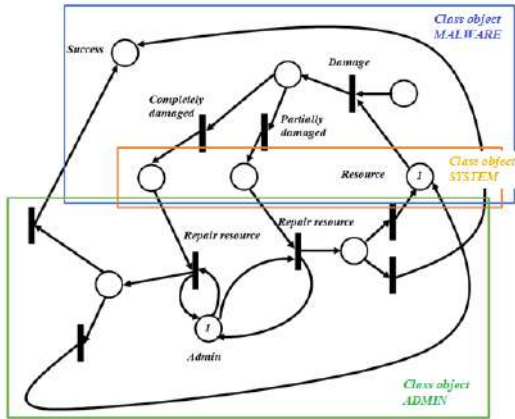
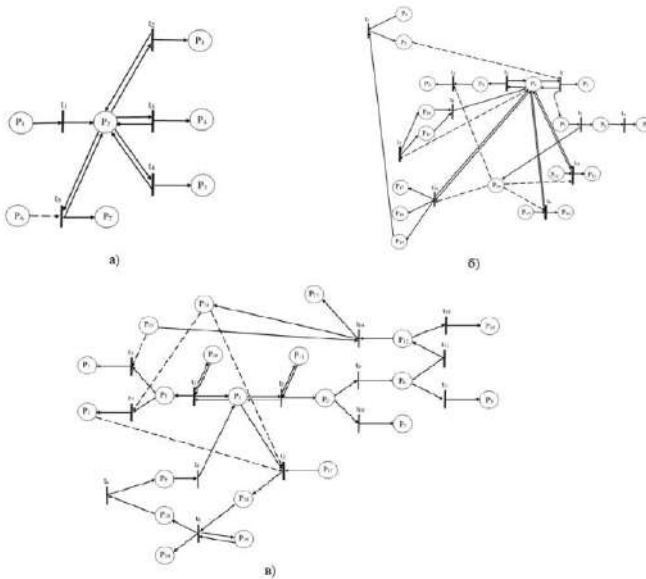
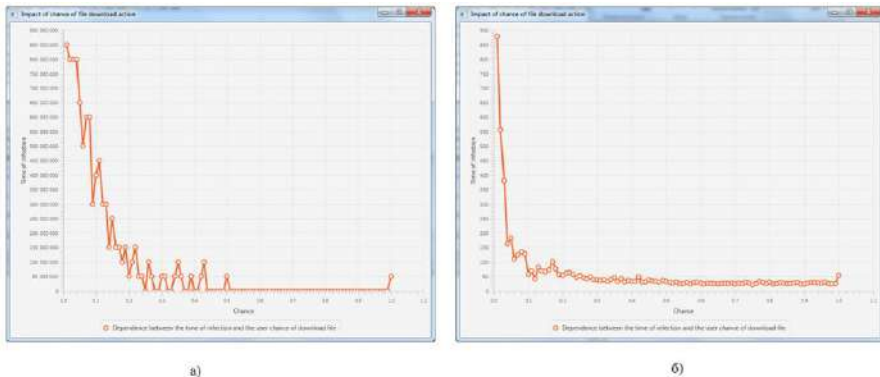


Figure 2 - UML state model for studying a security breach attack using a dangerous virus software application on an information system



a - if the security breacher performs actions; б - if the IS user acts during and after the cyberattack with a virus code; в - if the virus code is infected and the breacher is masked

Figure 3 - Formalised models based on Petri nets



a - the usual time range of the probability of downloading a malicious file; б - the time range of 100 seconds of the probability of downloading a malicious file
Figure 4 - Results of the study of the impact of a malicious virus application on the state of a computer during its infection

Based on the results obtained, it can be concluded that if the possibility of opening a dangerous virus application is increased, the time of damage to the information system by a malicious virus application will be the shortest, i.e. from 0 to 20%, the time of vulnerability is longer, with an increase from 25% it decreases. Thus, if up to 50% of the possibility of downloading malicious software to a computer is given a chance to leave it unharmed, but after exceeding this limit, a security breacher, having carried out a cyberattack using a virus, will achieve its goal of violating the confidentiality, integrity and availability of information.

REFERENCES

1. Рудий Т. В., Томаневич Л. М., Руда О. І. Засади захисту інформації в інформаційних системах підприємств. Актуальні проблеми економіки, №2, 2014. - С. 551–557.
2. Бакін Д.С. Проблеми захисту інформації в комп'ютерних мережах. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні задачі та досягнення у галузі кібербезпеки», 23-25 листопада, 2016 р. – С. 79-80
3. Мережі Петрі: Методичні вказівки до лабораторної роботи № 9 / Укл.: В.А. Висоцька, Т.В. Шестакевич. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2016. – 12 с.
4. Алтухова Т.В. Комп'ютерне моделювання систем діагностики технічного стану електродвигунів гірничих машин: автореф. дис. канд. техн. наук. Покровськ, 2021. – 28 с.
5. Zaitsev D.A., Shmeleva T.R. Simulating Telecommunication Systems with CPN Tools: Students' book / Odessa: ONAT, 2006. – 60 p.

ВИЯВЛЕННЯ КРИТИЧНИХ ТОЧОК РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИМОГАМИ AGILE ПРОЄКТУ В КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМ ЯКОСТІ ВИМОГ ДО ПЗ

Вступ. Гнучка методологія розробки ПЗ створює унікальні виклики у сфері інженерії вимог до ПЗ та управління ними. Оглядове дослідження українського ІТ-сектора, проведене на попередньому етапі дослідження[1] дозволило підтвердити присутність феномену проблем зі вимогами до ПЗ на Agile-проектах, які виникають з плином часу (зазвичай, у масштабах років). Окрім того було встановлено, що статистично проблеми з вимогами до ПЗ характерні для кожного другого Agile-проекту, ґрунтуючись на свідченнях опитаних працівників української ІТ-індустрії. Крім того, було з'ясовано, що феномен проблем з вимогами до ПЗ належить до ключових факторів невиконання проектного комітменту, тобто зобов'язань перед замовником проекту (державою чи приватним бізнесом). При більш детальному аналізі було встановлено, що суть феномену проблем з вимогами до ПЗ полягає у їх невідповідності вимогам якості до специфікації ПЗ через недостатню кількістю зусиль для створення специфікації та/або її належній підтримці. Серед найбільш критичних вимог якості до специфікації ПЗ, які мають вплив на виникнення подальших проблем було з'ясовано наступні:

- пропущені або неповні вимоги до ПЗ;
- неконсистентність вимог до ПЗ;
- брак простежуваності вимог до ПЗ та залежностей між ними;
- низький рівень структурованості вимог до ПЗ.

Таким чином, на поточному етапі дослідження метою було провести аналіз систем управління вимогами до ПЗ в Agile-проектах для виявлення:

- ступеня відповідності систем управління вимогами до ПЗ вимогам до забезпечення якості специфікації ПЗ;
- критичних точок потоків даних систем управління вимогами до ПЗ;
- кроків для розробки математичної моделі рішення, яке дозволило б мінімізувати або повністю усунути виявлені критичні точки у системі управління вимогами до ПЗ в Agile-проектах.

Методика. На даному етапі дослідження було дотримано індуктивного підходу дослідження. В якості методології дослідження було використано

методологію системного аналізу та моделювання, описану в [2], [3] та в рекомендаціях міжнародного інституту ПВА[4], які широко застосовуються для системного аналізу в сучасній ІТ-індустрії. Зокрема для досягнення зазначених вище цілей дослідження було застосовано наступні методи:

- метод порівняльного аналізу;
- метод зворотньої інженерії за [3];
- метод обсервації за [4];
- метод моделювання потоків даних за нотаціями [3][4];
- метод моделювання запасів-потоків системи за нотацією [2].

Дослідження. Першим кроком дослідження була агрегація основних вимог якості до специфікації ПЗ та валідація їх важливості. Методом порівняльного аналізу між даними, зібраними під час оглядового дослідження попереднього етапу та виявлених літературних джерел, присвячених темі якості вимог до ПЗ та специфікації до ПЗ з-поміж 261-го виявленого літературного джерела за допомогою бази даних Google Scholar, опублікованих не пізніше 2020-го року, методом системного літературного огляду [5] було обрано 16 основних джерел.

Другим кроком дослідження було проведення аналізу поточних інструментів систем управління вимогами до ПЗ в Agile-проекті на предмет відповідності виявленим вимогам до якості специфікації ПЗ. Для аналізу було обрано Atlassian Jira (ITS) та Confluence (Wiki-система), оскільки дані інструменти є одними із найпоширеніших у ІТ-індустрії України і до того ж містять найповніший набір функцій [6][7]. Для аналізу був використаний метод зворотньої інженерії та моделювання роботи даних інструментів. Дослідження показало, що дані інструменти задовольняють більшість вимог до якості, зокрема таких, як структурованість, змінюваність, простежуваність, модулярність та верифікабельність, втім дані якості застосовуються до або робочих формулярів системи (англ. Work items або work tickets), які описують постановку задачі і обсяг робіт в загальному, у тому числі й вимог до ПЗ, або до документальних артефактів проекту. В обох випадках, підтримка якості специфікації не є первинними функціями системи, тож неможливо забезпечити відповідність вимогам якості до специфікації ПЗ за допомогою даних систем управління із залученням мінімальних ресурсів.

На третій кроці дослідження було проведення моделювання потоків даних системи управління вимогами до ПЗ в Agile-проекті як системи процесів, а не конкретних інструментів. Перша модель була виконана в нотації [3][4] та наведена на Рис 1. Друга модель виконана за нотацією [2] наведена на Рис 2.

Контекстна діаграма на Рис. 1, що є різновидністю діаграми потоків даних, моделює зовнішні потоки даних та ідентифікує зовнішні середовища,

які контактують із системою управління вимогами до ПЗ в Agile-проекті, однак її недоліком є нездатність змодельовати причинно-наслідкові зв'язки.

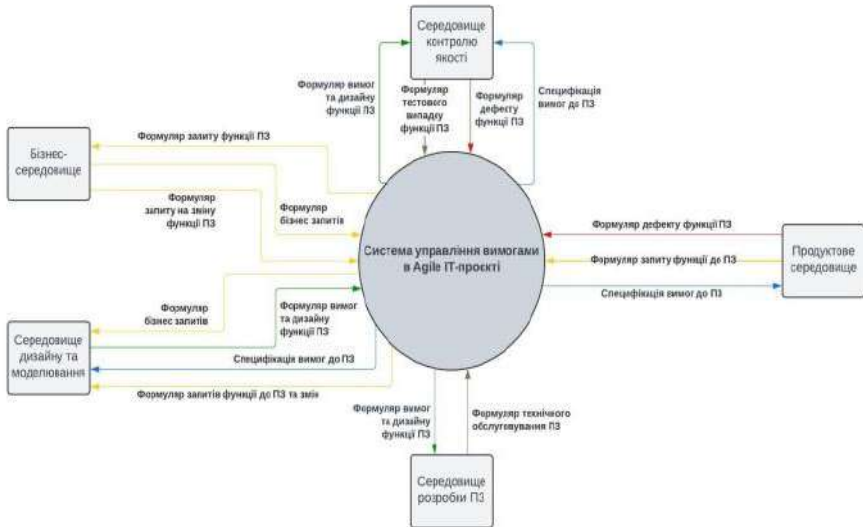


Рисунок 1 - Контекстна діаграма системи управління вимогами до ПЗ

Діаграма запасу-поточку вимог до ПЗ, зображена на Рис. 2 дозволяє змодельовати складну багатопроцесну систему управління вимогами до ПЗ у контексті вимоги до ПЗ як одиницю інформації про ПЗ, їх потік крім магістралі проекту та резервуари-запаси на різних етапах проекту. Функцією даної системи є “прокачати” вимоги до ПЗ від початкової точки системи до кінцевої для отримання робочого ПЗ, що є зиском IT-проекту. Проходження кожної з магістралей має певну вартість в умовних ресурсних одиницях проекту. Ресурси проекту розподіляються на різні магістралі підвищуючи чи навпаки знижуючи кількість вимог, які проходять крім магістралей і накопичуються в запасах за одиницю часу. Важливим фактором є те, що основний зиск системи з точки зору IT-проекту отримується наприкінці магістралі “Розробка ПЗ”. Тобто, “Документування вимог” (далі - магістраль №4) може свідчити брак ресурсів і, як наслідок, меншу пропускну здатність, що призводить до дефіциту у запасі. Магістраль №4 виконує важливу роль перетворення вимоги до ПЗ як одиниці інформації про ПЗ в специфікацію ПЗ як одиницю знань про ПЗ. Під час моделювання було виявлено існування самопідсилювальних петель зворотнього зв'язку між запасами специфікації ПЗ та вартістю проходження магістралей, зокрема й магістралі №4: чим



Підсумовуючи, наступними кроками даного дослідження є: розробка

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kruk, R., & Zhukovska, N. (2023). SURVEY STUDY OF REQUIREMENTS ENGINEERING ISSUES AND CHALLENGES IN AGILE PROJECTS. Вісник НУБГП. Технічні науки, 103(3), 195–212.
2. Meadows D. H. Thinking in systems: A primer. White River Junction, Vt : Chelsea Green Pub., 2008. 218 с.
3. Wiegers, K., & Beatty, J. (2013). Software Requirements (3rd ed.). Microsoft Press.
4. IIBA. (2015). A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide) Version 3.0. International Institute of Business Analysis.
5. Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-0
6. Jira Cloud resources | Jira Cloud | Atlassian Support. Atlassian Support. URL: <https://support.atlassian.com/jira-software-cloud/resources/> (date of access: 13.10.2024).
7. Confluence Cloud resources | Confluence Cloud | Atlassian Support. Atlassian Support. URL: <https://support.atlassian.com/confluence-cloud/resources/> (date of access: 13.10.2024).

УДК 004.457

Колесник С.Є.¹, Ковальов С.О.²

¹ канд. техн. наук, доц., Донецький Національний Технічний Університет

² асп., Донецький Національний Технічний Університет

ІНТЕГРАЦІЯ СЕНСОРІВ ТА АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АУДІОДЕТЕКЦІЇ БПЛА

Вступ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є викликом для забезпечення безпеки, оскільки можуть використовуватися для незаконного проникнення на території чи навіть для перевезення небезпечних матеріалів. У зв'язку з цим, надійні системи виявлення БПЛА мають вирішальне значення для своєчасного реагування на потенційні загрози. Одним із перспективних підходів до їх виявлення є використання аудіодетекції, яка застосовує звукові характеристики, що видаються апаратом під час польоту, для його ідентифікації [1]. Метою дослідження є розробка методу аудіовиявлення БПЛА на основі інтеграції сенсорів і алгоритмів машинного навчання, зокрема сверточних нейронних мереж (CNN).

Огляд існуючих підходів

- акустичні системи виявлення БПЛА: Існуючі методи включають радарне, візуальне та акустичне виявлення. Акустичний підхід має переваги у варіативних умовах середовища та є економічно вигідним [2];

- роль машинного навчання у аудіодетекції: CNN стали широко використовуватися для обробки аудіосигналів, оскільки забезпечують високу точність класифікації та ефективне виділення ознак із сигналів [3].

Методологія

- інтеграція сенсорів для аудіозахоплення: Використання високочутливих сенсорів є ключовим фактором для забезпечення якості аудіосигналу, необхідного для надійної ідентифікації БПЛА. Сенсори налаштовуються таким чином, щоб вловлювати специфічні акустичні сигнали від двигунів і пропелерів БПЛА. Інтеграція декількох сенсорів дозволяє створити систему, яка виявляє джерело звуку та оцінює його локалізацію, що сприяє підвищенню точності моделі [4];

- обробка звукових сигналів та екстракція ознак: Для успішної ідентифікації БПЛА аудіосигнал обробляється з використанням різних методів, зокрема коефіцієнтів Mel-частотної кепстральної трансформації (MFCC) та короткочасного перетворення Фур'є (STFT). Ці ознаки є стандартними для аудіоаналізу, оскільки дозволяють виділити унікальні спектральні характеристики звуків БПЛА, які відрізняються від інших шумів навколишнього середовища. Виділення релевантних ознак зменшує обсяг даних для обробки та підвищує ефективність навчання моделі [5];

- модель CNN для аудіодетекції: Модель свёрточної нейронної мережі використовується для класифікації сигналів БПЛА на основі зібраних ознак. Архітектура CNN здатна автоматично виділяти важливі ознаки з вхідного аудіопотоку, що робить її ідеальною для завдань детекції в умовах значного шуму. Модель проходить навчання на великій вибірці звукових даних, після чого проводиться її тестування для оцінки точності і надійності. Експерименти показали, що CNN демонструє високі результати у порівнянні з іншими алгоритмами [6].

Результати:

- аналіз точності моделі: Модель CNN показала високу точність в умовах різних фонів шуму, що є важливим показником для систем виявлення БПЛА. Порівняння з іншими методами, такими як методи на основі традиційних фільтрів або методів спектрального аналізу, показало значне перевищення ефективності CNN у складних акустичних середовищах, що підтверджує доцільність її застосування для аудіодетекції [7];

- ефективність інтеграції сенсорів: Інтеграція кількох сенсорів для одночасного захоплення звукових сигналів дозволяє створити систему з більш високим ступенем точності. При використанні кількох акустичних точок система здатна відслідковувати переміщення БПЛА та забезпечувати

більш детальну інформацію щодо його місцезнаходження. Це є особливо корисним для моніторингу великих зон з підвищеними вимогами до безпеки [8];

- використання гібридних підходів: Комбінація різних сенсорів та моделей машинного навчання дозволяє підвищити стійкість системи до різноманітних шумових факторів, таких як вітер, інші транспортні засоби чи тварини. Використання CNN разом із рекурентними нейронними мережами (RNN) або конволюційними рекурентними мережами (CRNN) дає можливість досягти стабільних результатів у варіативних середовищах, що є додатковим елементом підвищення продуктивності [9](таб. 1).

Таблиця 1 – Результати досліджень

Параметр	Опис	Результати
Точність моделі CNN	Визначає успішність класифікації аудіосигналів БПЛА навіть у складних умовах навколишнього шуму.	Досягнута висока точність класифікації, яка перевершує традиційні методи, забезпечуючи надійне виявлення БПЛА.
Ефективність інтеграції сенсорів	Використання декількох акустичних сенсорів для підвищення точності ідентифікації та локалізації.	Система з декількома сенсорами продемонструвала кращі результати, зменшуючи кількість хибних спрацювань.
Обробка сигналів (MFCC, STFT)	Екстракція ознак звуку БПЛА із сирого аудіосигналу за допомогою спектральних коефіцієнтів.	Використання MFCC і STFT дозволило виділити унікальні ознаки, що підвищило якість навчання моделі.
Комбінація CNN та RNN/CRNN	Поєднання свёрточної та рекурентної нейронних мереж для покращення стійкості до шуму.	Поєднання CNN з RNN/CRNN підвищило стабільність виявлення у складних умовах, зокрема при перешкодах.
Порівняння з іншими методами	Оцінка переваг CNN порівняно з іншими алгоритмами класифікації аудіосигналів.	CNN значно перевищує альтернативні методи, демонструючи високу точність навіть при обмеженому обсязі даних.
Час реакції системи	Час, необхідний для виявлення та класифікації сигналу БПЛА в реальному часі.	Система на основі CNN показала швидкий час обробки, що дозволяє використовувати її для моніторингу в режимі реального часу.

Висновки:

- Інтеграція сенсорів та алгоритмів машинного навчання для аудіодетекції БПЛА забезпечує високу ефективність і точність у виявленні та ідентифікації безпілотних апаратів.
- Використання CNN дозволяє досягати високих показників точності в умовах обмежених обсягів даних.
- Подальші дослідження можуть спрямовуватися на оптимізацію параметрів моделі та її адаптацію для інших типів акустичних сигналів [10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Y. Bazi, F. Melgani. Convolutional SVM Networks for Object Detection in UAV Imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2018. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/8288824/>]
2. Xiaodan Lin, Jingxian Liu, Xiangui Kang. Audio Recapture Detection With Convolutional Neural Networks. IEEE Transactions on Multimedia, 2016. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/7478134/>]
3. E. Matson, Bowon Yang, Anthony H. Smith, J. E. Dietz, J. Gallagher. UAV Detection System with Multiple Acoustic Nodes Using Machine Learning Models. 2019 IEEE International Conference on Robotic Computing, 2019. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/8675566/>]
4. Sara Al-Emadi, A. Al-Ali, Amr Mohammad, Abdulaziz Al-Ali. Audio Based Drone Detection and Identification using Deep Learning. 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference, 2019. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/8766732/>]
5. J. M. Mendoza, Vanessa Tan, Vivencio C. Fuentes, Gabriel Perez, N. Tiglaio. Audio Event Detection Using Wireless Sensor Networks Based on Deep Learning. Springer, 2018. Джерело [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-06158-6_11]
6. Ilmun Ku, Seungyeon Roh, Gyeongyeong Kim, Charles Taylor, Yaqin Wang, E. Matson. UAV Payload Detection Using Deep Learning and Data Augmentation. IEEE International Conference on Robotic Computing, 2022. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/10023550/>]
7. Julio Galvan, A. Raja, Yanyan Li, Jiawei Yuan. Sensor Data-Driven UAV Anomaly Detection using Deep Learning Approach. MILCOM, 2021. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/9653036/>]
8. Christos Tsompos, V. Pavlidis, K. Siozios. Designing a Lightweight Convolutional Neural Network for Bird Audio Detection. PACET Conference, 2022. Джерело [<https://ieeexplore.ieee.org/document/9976355/>]
9. Sai Srinadhu Katta, S. Nandiyala, E. Viegas, Abdelrahman AlMahmoud. Benchmarking Audio-based Deep Learning Models for Detection and

Identification of UAVs. CPS-IoTBench, 2022. Джерело [https://ieeexplore.ieee.org/document/9805345]

10. G. Amato, Luca Ciampi, F. Falchi, C. Gennaro. Counting Vehicles with Deep Learning in Onboard UAV Imagery. IEEE Symposium on Computers and Communications, 2019. Джерело [https://ieeexplore.ieee.org/document/8969620/]

УДК 004.8::(004.92+004.55)

Краснюк М.Т.¹, Баков Н.В.²

¹ доц. КНЕУ

² студ. КНУТД

ГЛИБОКІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ У WEB-ДИЗАЙНІ

ВСТУП. Глибокі нейронні мережі (DNN) — це підмножина машинного навчання та представляють клас штучних нейронних мереж із кількома рівнями між вхідним і вихідним рівнями [1]. Ці мережі називаються «глибокими» через їхню глибину, тобто кількість рівнів у мережі, включаючи вхідний, прихований і вихідний рівні. Основна сила DNN полягає в їхній здатності вивчати та представляти складні моделі та зв'язки в даних.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Глибокі нейронні мережі (ГНМ) стали трансформаційним інструментом у сучасному веб-дизайні, пропонуючи інноваційні рішення від персоналізації та оптимізації взаємодії з користувачем, персоналізації вмісту, покращення естетики та оптимізації загальної продуктивності, до автоматизації візуального дизайну та доступності. Використання ГНМ дозволяє дизайнерам і розробникам створювати розумніші, чутливіші та візуально привабливі веб-сайти, які відповідають уподобанням користувачів і покращують зручність використання. Використовуючи великі дані та потужність передових алгоритмів машинного навчання, ГНМ дозволяють веб-дизайнерам і розробникам розширювати межі творчості та ефективності.

Ось докладний аналіз того, як ГНМ сьогодні кардинально трансформують сучасний веб-дизайн:

1. Персоналізація та рекомендації вмісту [2]. Глибокі нейронні мережі чудово аналізують поведінку та вподобання користувачів для надання персоналізованого контенту. Наприклад, системи рекомендацій, що працюють на основі ГНМ, можуть пропонувати відповідні статті, продукти чи медіа на основі історії веб-перегляду та взаємодії користувачів, що робить веб-сайти більш привабливими та адаптованими до окремих користувачів. Ця персоналізація дозволяє довше утримувати користувачів на сайті та покращує коефіцієнти конверсії, що особливо корисно для платформ електронної комерції та контенту.

2. Автоматичний аналіз зображень і відео. Сьогодні веб-сайти значною мірою залежать від мультимедійного вмісту. ГНМ можуть автоматизувати різні аспекти обробки зображень і відео, від додавання тегів і категоризації візуального вмісту до створення підписів або альтернативного тексту для забезпечення доступності. Наприклад:

- Автоматичне додавання тегів до вмісту (з використанням глибоких згорткових нейронних мереж (CNN)).

- Оптимізація зображення: ГНМ можуть покращити якість зображення, зменшити розміри файлів і забезпечити швидший час завантаження, покращуючи загальний досвід користувача без шкоди для візуальної привабливості.

3. Оптимізація UX і автоматизація A/B тестування. Глибокі нейронні мережі забезпечують автоматизоване тестування A/B, дозволяючи веб-сайтам динамічно тестувати та коригувати різні елементи дизайну в режимі реального часу на основі взаємодії з користувачем. Мережі ГНМ можуть аналізувати великі обсяги користувацьких даних, наприклад шаблони кліків, поведінку прокручування та час, проведений на сторінках, і визначати оптимальні макети, кольори, розміщення закликів до дії та інші елементи дизайну, які максимізують залучення та задоволення користувачів.

4. Інтелектуальна підтримка дизайну web-сайтів. Використання разом кастомізації та шаблонів помічників (wizards) дизайну на основі ГНМ, зокрема, таких як: генератори макетів на основі штучного інтелекту та пропозиції колірних схем - допомагають дизайнерам швидше створювати візуально привабливі веб-сайти. Ці інструменти можуть пропонувати комбінації шрифтів, вирівнювати елементи та навіть створювати повні макети веб-сайтів на основі правил бренду.

5. Покращення доступності. ГНМ відіграють ключову роль у тому, щоб зробити веб-сайти більш доступними для людей з обмеженими можливостями. Наприклад:

- Автоматичне створення альтернативного тексту: моделі розпізнавання зображень можуть генерувати альтернативний текст для зображень, роблячи їх доступними для користувачів із вадами зору.

- Синтез мовлення з тексту: ГНМ забезпечують перетворення тексту в мовлення з природним звучанням, що покращує роботу користувачів, які покладаються на програми зчитування з екрана.

- Клавіатурна навігація та фокус: ГНМ можуть передбачати та адаптувати порядок фокусування або пропонувати доступні колірні контрасти, покращуючи зручність використання для людей із фізичними чи візуальними обмеженнями.

6. Обробка природної мови (NLP) [3] для чат-ботів і пошуку. Чат-боти на основі NLP, що працюють на основі ГНМ, дозволяють користувачам

взаємодіяти з веб-сайтами в розмовній манері, відповідаючи на запитання, направляючи користувачів і допомагаючи з навігацією. Крім того, ГНМ покращують функціональність пошуку на сайті, оскільки вони можуть розуміти запити природною мовою, полегшуючи користувачам пошук певного вмісту без точних ключових слів.

7. Автоматизоване створення візуального контенту

Генераційні змагальні мережі (GAN), підмножина ГНМ, можуть генерувати унікальний власний візуальний вміст, від фонів і піктограм до цілих веб-шаблонів. Ця можливість дозволяє дизайнерам швидко створювати візуально насичені веб-сайти, особливо в таких областях, як цільові сторінки або вітрини продуктів електронної комерції, де візуальна різноманітність є важливою. GAN можуть навіть створювати власні ілюстрації або покращувати існуючі елементи дизайну, зберігаючи сайти свіжими та привабливими.

8. Розширений аналіз поведінки користувачів. ГНМ забезпечують складну аналітику поведінки користувачів, визначення тенденцій і прогнозування дій користувачів. Цей аналіз виходить за рамки стандартних показників, розпізнаючи шаблони взаємодії користувачів, наприклад ідентифікуючи сторінки, які призводять до переходів або виходів. Використовуючи ГНМ для розуміння поведінки користувачів, дизайнери можуть робити вибір на основі даних, оптимізуючи веб-макети та потоки вмісту, щоб покращити утримання користувачів і якість взаємодії.

9. Інтерфейси з голосовою активацією. Оскільки голосовий пошук і голосова навігація стають все більш поширеними, ГНМ підтримують безперебійну голосову інтеграцію на веб-сайтах. Інтерфейси з голосовою активацією можуть покращити доступність і надати користувачам опцію «вільні руки», особливо на мобільних пристроях. Інтеграція розпізнавання голосу та розуміння природної мови на веб-сайтах дозволяє користувачам взаємодіяти з сайтом, ставлячи запитання або вимагаючи певних дій, збагачуючи загальну взаємодію з користувачем.

Успішні приклади використання ГНМ у web-дизайні:

- Adobe Sensei: платформа штучного інтелекту Adobe використовує глибоке навчання для надання автоматизованих пропозицій щодо дизайну, оптимізації макетів і вдосконалення зображень, що полегшує дизайнерам швидке створення приголомшливих веб-сторінок.

- Інструменти автоматизації дизайну: такі інструменти, як Canva та Wix, використовують функції дизайну, керовані штучним інтелектом, щоб пропонувати користувацькі шаблони та макети на основі даних користувачів і галузевих стандартів.

- Розпізнавання зображень і тегування: такі платформи, як Shopify, використовують моделі розпізнавання зображень на основі ГНМ, щоб

автоматично позначати продукти тегами, покращуючи пошук і забезпечуючи кращу категоризацію.

Переваги використання ГНМ у веб-дизайні:

- Ефективність: автоматизовані процеси проектування економлять час і зменшують потребу в ручній роботі.

- Узгодженість. Рішення на основі штучного інтелекту забезпечують узгодженість стилю, брендингу та принципів макета на сайті.

- Розширена креативність: дизайнери можуть експериментувати з новими концепціями, запропонованими ГНМ, черпаючи натхнення або досліджуючи несподівані дизайнерські рішення.

- Оптимізація на основі даних: безперервний аналіз даних користувачів ГНМ забезпечує розвиток і адаптацію веб-сайтів відповідно до потреб користувачів.

Виклики та міркування щодо ГНМ у web-дизайні:

- Складність і ресурсомісткість: Навчання та розгортання ГНМ може вимагати значних обчислювальних ресурсів і досвіду.

- Упередженість та етичні міркування: важливо переконатися, що алгоритми надають неупереджені та всеосяжні рекомендації щодо дизайну.

- Конфіденційність даних: персоналізація залежить від збору даних, тому збереження конфіденційності користувачів і дотримання нормативних актів, таких як GDPR, мають вирішальне значення.

ВИСНОВКИ: ГНМ змінюють, переосмислюють сучасний веб-дизайн, надаючи можливість дизайнерам і розробникам створювати більш інтуїтивно зрозумілі, персоналізовані, естетично приємні враження від web-сайтів. ГНМ спрощують процес розробки, покращують UX і допомагають створювати візуально та функціонально адаптивні веб-сайти, доступні та адаптовані до потреб користувачів. У міру розвитку ГНМ ми можемо очікувати ще глибшої інтеграції, що веде до майбутнього, де інноваційний веб-дизайн буде не лише ефективним та одночасно креативним, але й усе більше орієнтованим на користувача та керованим даними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. «Application of artificial neural networks for reducing dimensions of geological-geophysical data set's for the identification of perspective oil and gas deposits» // Збірник наукових праць ЛОГОС, 18-19. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.05>

2. Krasnyuk, M., Kulynych, Y., Tuhaienko, V., & Krasniuk, S. «E-business and e-commerce technologies as an important factor for economic efficiency and stability in the modern conditions of the digital economy (on the example of oil and gas company)» // Grail of Science. – 2022. – №. 17. – 69-81.

3. Maxim Krasnyuk, Svitlana Krasniuk, Svitlana Goncharenko, Liudmyla Roienko, Vitalina Denysenko, Liubymova Natalia. «Features, problems and prospects of the application of deep machine learning in linguistics» // Bulletin of Science and Education, №11(17), 2023. С. 19-34. <http://perspectives.pp.ua/index.php/vno/article/view/7746/7791>

УДК 004.8

Віт Р.В.¹, Мазурець О.В.²

¹ асп. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

² канд. техн. наук, доц., доц. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЮВИХ ОБ'ЄКТІВ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ У ТЕКСТОВОМУ КОНТЕНТІ ЗАСОБАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

В умовах зростаючої складності даних, які охоплюють різноманітні предметні області, методи виявлення цільових об'єктів у предметній області є критично важливими для ефективного аналізу і обробки великих обсягів інформації [1, 2]. Відсутність надійних й ефективних методів виявлення цільових об'єктів може призвести до втрати важливої інформації, зниження точності прийняття рішень й збільшення витрат на аналіз даних. Враховуючи швидкий розвиток технологій і постійне зростання обсягів інформації, дослідження методів виявлення цільових об'єктів набуває особливої ваги [3].

Виявлення цільових об'єктів у заданій предметній області передбачає застосування спеціальних алгоритмів та методів, спрямованих на ідентифікацію та класифікацію елементів, які мають ключове значення для аналізу конкретної задачі [4]. Виявлення цільових об'єктів в системах NLP, зокрема розпізнавання іменованих сутностей, відіграє важливу роль в багатьох завданнях аналізу тексту і обробки інформації. Одним із перспективних напрямків для задачі виявлення цільових об'єктів є використання методів машинного навчання, які дозволяють автоматично адаптуватися до особливостей даних [5].

Метою роботи є реалізація методу виявлення цільових об'єктів предметної області, який дає змогу підвищити точність виявлення цільових об'єктів предметної області внаслідок врахування іменникових сутностей за рахунок урахування ключових слів та іменникових сутностей предметної області.

Метод виявлення цільових об'єктів предметної області у текстовому контенті призначений для автоматизації процесу ідентифікації ключових елементів у великих масивах даних, схема методу наведені на рис. 1.

Вхідними даними методу є досліджуваний текст й попередньо оброблений збалансований корпус текстів досліджуваної предметної області.

Першим етапом є підготовка досліджуваного тексту для аналізу, який включає в себе токенізацію, лематизацію та видалення стоп-слів.

Наступним етапом є пошук ключових слів різними методами, такими як TF, TF-IDF, YAKE! та методом дисперсної оцінки. Кожним перерахованим методом відбувається формування множини ключових слів.

На третьому етапі здійснюється виявлення цільових об'єктів, що включає в себе декілька кроків. Цільові об'єкти є об'єднаною множиною ключових слів знайденими різними методами без повторів та множиною NER що згруповані шляхом лематизації.

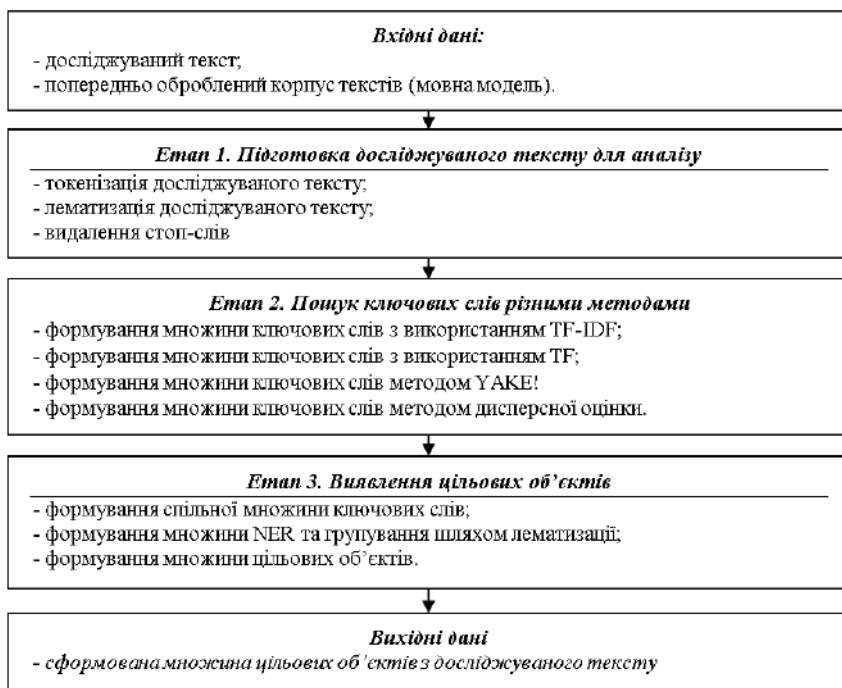


Рисунок 1 – Схема методу виявлення цільових об'єктів предметної області у текстовому контенті засобами машинного навчання

Для валідації запропонованого методу для пошуку цільових об'єктів предметної області було розроблено програмний продукт мовою C# для перетворення текстового контенту файлів із тестової вибірки у множину цільових об'єктів предметної області. Оскільки українська мова

повсякденного спілкування значно відрізняється від літературної через велику кількість діалектів, слів-запозичень та слів-покручів, наявні частотні словники не здатні охопити всю множину української мови. Для створення вектора значущих слів українською мовою було вирішено об'єднати кілька частотних словників [5], з відсіканням стоп-слів. Після об'єднання й фільтрації довжина вектора значущих слів склала 1500 елементів. Для цього було використано тексти з двох ортогональних множин. Такий вибір ресурсів обумовлений необхідністю забезпечити достатній обсяг текстів, які мають понад 200 слів, для навчання та перевірки запропонованого підходу.

Отже, було запропоновано метод виявлення цільових об'єктів предметної області. Метод виявлення цільових об'єктів предметної області дозволяє перетворювати вхідні дані у вигляді досліджуваного тексту і попередньо обробленого та збалансованого корпусу текстів досліджуваної предметної області в вихідні дані у вигляді сформованої множини цільових об'єктів з досліджуваного тексту, яка є об'єднаною множиною ключових слів знайденими різними методами без повторів та множиною NER що згруповані шляхом лематизації. Цей метод використовує алгоритми машинного навчання для адаптивного розпізнавання об'єктів, враховуючи специфіку предметної області, що дозволяє значно скоротити час обробки даних і знизити ризик втрати важливої інформації. Запропонований метод виявлення цільових об'єктів відрізняється від існуючих урахуванням ключових слів та іменникових сутностей предметної області, що дало змогу підвищити точність виявлення цільових об'єктів предметної області внаслідок урахування іменникових сутностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазурець О., Віт Р. Інтелектуальний метод виявлення цільових об'єктів предметної області для класифікації текстової інформації. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управлюючі системи та технології ІУСТ-ОДЕСА-2024». Одеса. 2024. С.205-208.

2. Молчанова М.О., Мазурець О.В., Собко О.В., Віт Р.В., Назаров В.В. Алгоритм виявлення аб'юзивного вмісту в україномовному аудіоконтенті для імплементації в об'єктно-орієнтовану інформаційну систему. Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету» серія: Технічні науки. Хмельницький, 2024. №1 (331). С. 101-106.

3. Mazurets O., Uspenska K., Vit R., Tyschenko O. Intelligent System for Determining the Object Attributes Values by Neural Networks Means by Graphic Images in Databases. Current Trends in the Development of Scientific Research in Today's Conditions. Proceedings of XXV International scientific and practical conference. International Scientific Unity. Florence, Italy. 2024. Pp. 86-91.

4. Залуцька О.О., Молчанова М.О., Віт Р.В., Мазурець О.В. Конфігурування нейронної мережі для класифікації емоційної тональності текстової інформації за показниками семантичної зв'язності. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2023». Хмельницький, 2023. с. 102-107.

5. Mazurets O., Sobko O., Vit R., Pasternak V. Practical Approach for Detection by Deep Learning of Target Objects of Subject Area Based on Semantic Connectivity Indicators in Audio Database. Proceedings of XXIV International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Challenges are the Driving Force of the Development of Scientific Research». Bruges, Belgium. International Scientific Unity. 2024. Pp. 91-96.

УДК 004.8

Молчанова М.О.¹

¹ викл. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРОПАГАНДИ В ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ІЗ ВІЗУАЛЬНОЮ АНАЛІТИКОЮ

Одним із найсерйозніших викликів, з якими стикається людство в умовах цифрової епохи, є пропаганда. Основною метою пропаганди є маніпуляція об'єктами із метою досягнення певних політичних, соціальних, економічних або культурних цілей.

Створюються нові методи генерації текстів, які дедалі частіше мало відрізняються від створених людиною [1], що призводить до стрімкого зростання кількості контенту. Тому це все підкреслює важливість створення автоматизованих методів для виявлення пропагандистських маніпуляцій, які допоможуть користувачам отримувати інформацію більш усвідомлено.

Під об'єктами пропаганди розуміють осіб, групи, організації, соціальні верстви, а також явища або інституції, на які спрямовані пропагандистські зусилля із метою впливу на їхню свідомість, поведінку й суспільну думку.

За результатом аналізу пов'язаних робіт у сфері виявлення технік та об'єктів пропаганди, виявлено дві проблеми: відсутність комплексного аналізу взаємозв'язків технік та об'єктів пропаганди в текстах; відсутність узагальнень для об'єктів пропаганди та їх альтернативних згадувань в текстах [2].

Метою дослідження є розробка методу виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних із візуальною аналітикою, який дозволяє виявляти конкретні об'єкти, на які спрямовані конкретні техніки пропаганди.

Вважається, що використані в тексті техніки пропаганди можуть бути детектовані одним з існуючих нейромережових підходів [3], при цьому вторинним результатом будуть відповідні нейромережові моделі, навчені детектуванню окремих технік пропаганди.

В рамках запропонованого підходу використано 17 окремих попередньо навчених моделей архітектури нейромереж типу трансформер, які дозволяють визначати сімнадцять основних прийомів пропаганди, таких як: «Appeal to fear-prejudice», «Minimisation», «Name Calling», «Repetition», «Appeal to Authority», «Black and White Fallacy», «Thought terminating Cliches», «Reductio ad hitlerum», «Red Herring», «Slogans», «Causal Oversimplification», «Doubt», «Exaggeration», «Flag-Waving», «Labeling», «Loaded Language», «Whataboutism».

Метод виявлення об'єктів пропаганди працює шляхом обробки вхідних даних у вигляді попередньо обробленого тексту та знайдених технік пропаганди з числовими оцінками у вихідні дані у формі множини об'єктів пропаганди із числовими оцінками приналежності до використаних технік.

Першим етапом є пошук іменованих сутностей (NER). Оскільки іменовані сутності можуть містити повтори, також на цьому етапі всі повтори видаляються на рівні лем [4]. Вихідними даними першого етапу є список іменованих сутностей без повторів.

Другим етапом до кожної іменованої сутності буде здійснюватись пошук близьких за значеннями слів-об'єктів. Така потреба виникає тому, що об'єкти пропаганди є дещо ширшим поняттям, ніж NER. Вони включають також аспекти культури, групи об'єктів об'єднані за певними ознаками тощо. Для пошуку схожих до NER об'єктів буде застосовано модель «FastText», яка розроблена Facebook AI Research. «FastText» дає змогу ефективно аналізувати контекст слів і виявляти семантичні зв'язки між ними [5]. Використання «FastText» є доречним, оскільки модель дозволяє виявляти схожі слова та об'єкти на основі контекстуальних векторів, що є корисним для розширення спектру виявлених об'єктів пропаганди за межами іменованих сутностей. Модель «FastText» потребує попереднього навчання перед її використанням.

Наступним етапом є етап побудови контекстуальних вікон для кожного об'єкту пропаганди. Під контекстуальним вікном в рамках роботи розуміється речення, де зустрічається вказаний об'єкт пропаганди. Якщо одне контекстуальне вікно містить декілька об'єктів пропаганди – вікна не дублюються (для одного об'єкта пропаганди).

Останнім етапом є оцінка приналежності контекстуальних вікон до використаних технік, для цього вміст контекстуальних вікон векторизується і аналізується його приналежність до кожної із проявлених у тексті технік.

Вихідними даними методу є виявлені об'єкти пропаганди з числовими оцінками приналежності до використаних технік.

Приклад застосування запропонованого підходу до нейромережевого виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних наведено на рисунку 1.

Для проведення експерименту було створено програмне забезпечення у вигляді вебзастосунку на мові програмування Python. Вебзастосунок використовує 17 попередньо навчених нейромережових моделей-трансформерів (є результатом попередніх досліджень [3]), нейромережову бібліотеку «Stanza» для пошуку NER, фреймворк «Flask», попередньо навчену модель «FastText», яка проходить донавчання на пропагандистських текстах. Інтерфейс створеного програмного забезпечення для візуальної аналітики [6] виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних наведено на рисунку 2.



Рисунок 1 – Ілюстрація підходу до нейромережевого виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних.

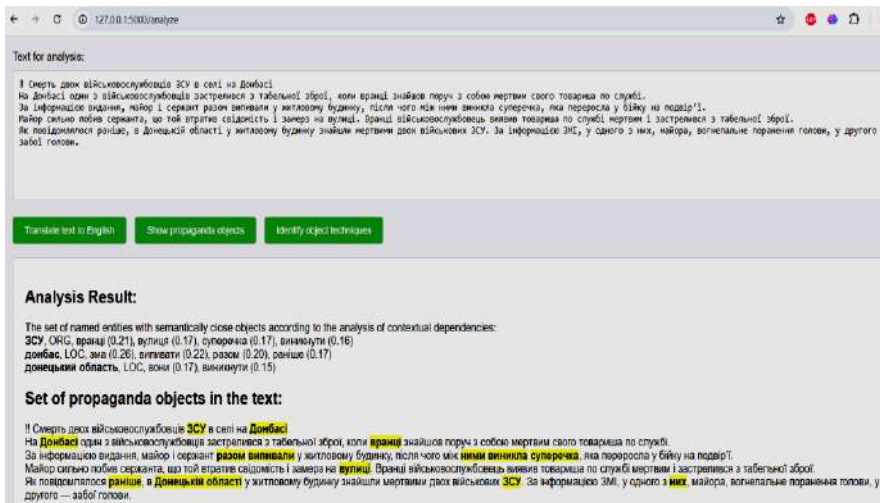


Рисунок 2 – Використання створеного програмного забезпечення для візуальної аналітики виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних.

Таким чином, було розроблено метод виявлення об'єктів пропаганди в текстових даних із візуальною аналітикою, який дозволяє виявляти конкретні об'єкти, на які спрямовані конкретні техніки пропаганди.

Створено відповідне програмне забезпечення, яке має функціональність визначати використані техніки за текстом, визначати об'єкти пропаганди та аналізувати приналежності виявлених об'єктів до використаних технік. Експериментально доведено ефективність застосування запропонованого підходу, який дозволяє на відміну від існуючих аналогів окрім пошуку NER також розширити перелік наявних об'єктів пропаганди у текстах шляхом застосування моделі «FastText», а також видавати оцінку, з якою знайдені об'єкти співвідносяться із використаними техніками. Для зручності користування також наведено візуальну інтерпретацію знайдених об'єктів, що дозволяє візуально спостерігати об'єкти впливу у рамках використаних технік пропаганди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Krak I., Zalutska O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2024, vol. 3688, pp. 16-28.

2. Молчанова М. Метод виявлення та класифікації прийомів пропаганди у текстовому контенті засобами штучного інтелекту. Матеріали XII

Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології ІУСТ-ОДЕСА-2024». 23-25.09.2024. Одеса. 2024. С.251-254.

3. Krak I., Molchanova M., Mazurets O., Sobko O., Zalutska O., Barmak O. Method for Neural Network Detecting Propaganda Techniques by Markers With Visual Analytic. CEUR Workshop Proceedings, 2024, vol. 3790, pp. 158-170.

4. Молчанова М.О., Залуцька О.О., Бармак О.В. Метод інтелектуального аналізу тональності текстів. Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Глушковські читання». Київ – 2023. с. 113-116.

5. Ghozali I., Sungkono K. R., Sarno R., Abdullah R. Synonym based feature expansion for Indonesian hate speech detection. International Journal of Electrical and Computer Engineering. Vol. 13, 2023. Pp. 1105–1112.

6. Slobodzian V., Molchanova M., Kovalchuk O., Sobko O., Mazurets O., Barmak O., Krak I. An Approach Based on the Visualization Model for the Ukrainian Web Content Classification. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies. 2022. pp. 400-405.

УДК 622.625.28

Monia Andrii¹

¹ PhD, Associate Professor of Ukrainian State University of Science and Technology

CALCULATION OF OPTIMAL AMPLITUDE OF OSCILLATIONS AND NUMBER OF PERIODS OF SINUSOID AT PULSATING BRAKE TORQUE USING «WOLFRAM MATHEMATICA» PROGRAM

The adhesion force of the locomotive wheels to the rails depends both on the state of the rail track and on the conditions of interaction of the wheel-rail friction pair [1]. The main parameter characterizing the adhesion force between wheels and rails is the adhesion coefficient [2].

In the work [3] provides a method for selecting a constant braking torque applied to the axle of the wheelset. In order to prevent clutch failure and wheel skidding, it is recommended to implement 80% of the maximum possible braking torque for mining electric locomotives.

In the work [4] provides examples of the useful application of vibration, which are based on phenomena associated with the characteristics of vibrations in nonlinear mechanical systems, and outlines a general approach to the study and use of vibration. In particular, attention is paid to the study of the sliding friction coefficient during vibration.

In the works [5, 6] recommendations are given for the analytical selection of the braking torque applied to the axis of the wheel pair of a mine locomotive in

order to achieve the most effective braking for various conditions of the rail track. Constructive conceptual solutions for the manufacture of a disc brake that creates a pulsating braking torque are proposed.

The braking torque created on the wheel by a wheel-block brake depends on the speed of the mine locomotive, the state of the rail track and the heating of the brake pad, which does not allow the possible adhesion coefficient to be fully realized. Disc brakes used in transport systems do not have this disadvantage. Research aimed at determining the rational parameters of the disc brake of a mine locomotive and studying the dynamics of the drive during braking will help improve traffic safety, increase the throughput of mine transport, and develop the mining engineering industry in Ukraine.

The purpose of this work is to establish parameters of the braking torque that ensure high braking characteristics of a mine locomotive by mathematical modeling of braking of a mine locomotive with a disc brake that creates a pulsating braking torque.

Forced vibrations of the elements of the wheel-motor unit (WMU) of a mine locomotive in the process of braking with a disc brake were studied by methods of differential calculus and mathematical modeling. The integration of the system of differential equations was performed using the Runge-Kutta method.

For the first time, a mathematical model of braking a mine locomotive with a disc brake has been developed, creating a pulsating braking torque on the axis of the wheel pair, depending on its angular coordinate, taking into account the nonlinear dependence of the adhesion coefficient on the relative slip, on the basis of which the effectiveness of a disc brake with a multi-sector disc is shown in comparison with a disc brake with a homogeneous disk under different conditions of the rail track.

A comparative analysis of the braking of a mine locomotive with a disc brake, which creates constant and pulsating sinusoidal braking torques with a different number of sinusoidal periods per revolution of the wheel pair on the axis of the wheel pair, has been carried out. It has been proven that the pulsating sinusoidal braking torque created on the axis of the wheelset, equal to the sum of the constant component and the oscillation amplitude of the variable component, multiplied by the sine of the product of the number of periods of the sinusoid per revolution of the wheelset by its angular coordinate, provides higher braking characteristics than constant braking moment. It has been shown that pulsating braking torque reduces the braking time and braking distance of a mine locomotive.

Using the «Wolfram Mathematica» program, it has been established that the greatest effect from the use of pulsating braking torque is achieved if the amplitude of oscillations is 10...15% of the average value of the braking torque, and the

number of sinusoid periods per revolution of the wheelset is in the range from 35 to 55.

Further studies of the dynamics of braking of a mine locomotive with a disc brake should be aimed at studying the influence on the braking distance and braking time of the values of the stiffness and damping coefficients of rubber-metal elements, as well as the values of the stiffness and damping coefficients of the axle shafts of the wheel-motor unit.

REFERENCES

1. Проців В.В. Формування динамічної моделі шахтного шарнірно-зчленованого локомотива, що рухається в режимі гальмування. Наук. вісн. НГУ. – 2009. – № 4. – С. 76–83.
2. Таран І.А., Новицький А.В. Гальмівні пристрої шахтних локомотивів: монографія. Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2014. – 205 с.
3. Таран І.А. Математична модель руху рудничного локомотива за умов гальмування. Вібрації в техніці та технологіях. – 1999. – № 3 (12). – С. 47-49.
4. Блехман І.І. Що може вібрація?: Про «вібраційну механіку» та вібраційну техніку. - М.: Наука, 1998. – 208 с.
5. Сердюк А.А., Мона А.Г. Розробка математичної моделі гальмування шахтного локомотива дисковим гальмом. Гірнич електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – Дніпро, 2002. – Вип. 69. – С. 127-132.
6. Monia A.G. Mathematical modeling of shaft locomotive braking with a pulsing brake moment for determining the characteristics of its drive. Гірнич електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – Дніпро, 2019. – Вип. 102. – С. 49-53.

УДК 004.91

Нечволода Л.В.¹, Крикуненко К.М.², Єсенков М.Р.³

¹ доц. каф. «ІСПР» ДДМА

² асист. каф. «ІСПР» ДДМА

³ студ. гр. ІСТ-24м ДДМА

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ ВАГИ ЛЮДИНИ

Поширені проблеми з вагою людини це – дефіцит та зайва вага. Дефіцит ваги виникає, коли людина споживає менше калорій, ніж витрачає, що може призвести до проблем зі здоров'ям, таким як втрата м'язової маси та втома. Зайва вага виникає, коли споживається більше калорій, ніж тіло може використати, що може призвести до ожиріння та серцево-судинних

захворювань. Щоб уникнути цих проблем, важливо дотримуватися збалансованого харчування та вести активний спосіб життя

Для нормалізації ваги пропонується поділити на кілька базових етапів.

Етап 1. Розрахунок BMI.

Body Mass Index (Індекс маси тіла) величина, що дає змогу оцінити ступінь відповідності маси людини і її зросту і в такий спосіб побічно судити про те, чи є маса недостатньою, нормальною або надлишковою. Важливий при визначенні показань для необхідності лікування.

$$BMI = \frac{M}{H^2}, \quad (1)$$

де М – маса людини у кілограмах.

Н – Зріст людини у метрах.

Етап 2. Аналіз результату BMI.

Відповідно до рекомендацій Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) для дорослих, старших за 19 років, використовують таку інтерпретацію показників ІМТ:

- 16 і менше – виражений дефіцит маси тіла;
- 16,5-18,5 – недостатня (дефіцит) маса тіла;
- 18,5-25 – нормальна маса тіла;
- 25-30 – надлишкова маса тіла (передожиріння);
- 30-35 – ожиріння першого ступеня;
- 35-40 – ожиріння другого ступеня;
- 40 і більше – ожиріння третього ступеня (морбідне).

Етап 3. Розрахунок калорійності на добу.

Добова норма калорій для підтримання нормальної ваги та здорового способу життя розраховується як добуток базального метаболізму (BMR) на активний (AMR):

$$\text{Норма} = BMR * AMR, \quad (2)$$

Активний метаболізм (AMR) являє собою коефіцієнт і встановлюється залежно від способу життя і фізичних навантажень:

- сидячий спосіб життя (без фізичних навантажень) - 1,2;
- помірна активність (легкі фізичні навантаження або заняття 1-2 рази на тиждень) - 1,375;
- середня активність (фізичні навантаження 3-5 разів на тиждень) - 1,55;
- висока активність (щоденні фізичні навантаження) - 1,725;
- екстра активність (фіз. праця + щоденні фіз. навантаження, проф. спортсмени) - 1,9.

Формула розрахунку базального метаболізму Гарріса-Бенедикта для чоловіків має такий вигляд:

$$\text{BMR} = 88,362 + (13,397 \times M) + (4,799 \times H) - (5,677 \times Y) \quad (3)$$

де Y – вік людини.

Для жінки:

$$\text{BMR} = 447,593 + (9,247 \times M) + (3,098 \times H) - (4,330 \times Y) \quad (4)$$

Для підвищення точності нормалізації ваги розробляються та застосовуються різні методи машинного навчання, які дозволяють аналізувати змінні дані щодо ваги, калорійності раціону, рівня фізичної активності та інших значущих параметрів. Основною метою цих методів є виявлення взаємозв'язків між калорійністю, активністю та змінами ваги користувача, що дозволяє забезпечити більш точні та персоналізовані рекомендації.

Зокрема, один із найбільш поширених підходів — використання лінійної регресії для оцінки кореляції між калорійністю раціону, рівнем фізичної активності та змінами у вазі. Формула цього підходу має вигляд:

$$\text{Weight Change} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Caloric Intake} + \beta_2 * \text{Activity Level} + \varepsilon \quad (5)$$

де β_0 , β_1 , β_2 – параметри регресії,

ε – випадкова похибка.

Або формулу для прогнозування зміни ваги із застосуванням нейронної мережі (NN):

$$\text{Weight Change} = \sum(w_i * x_i) + b, \quad (6)$$

де w_i – ваги нейронної мережі,

x_i – входи (калорійність, активність і т.д.),

b – зсув.

Для забезпечення більшої персоналізації та адаптивності розроблений модуль може автоматично підлаштовувати рекомендації щодо калорійності, зважаючи на поточний стан користувача, включаючи зміни у вазі та рівні активності. Це дозволяє створювати індивідуалізовані рекомендації, які враховують не лише початкові дані, а й їхню динаміку з часом.

Адаптивний алгоритм здатен коригувати денну норму калорій відповідно до змін ваги користувача протягом певного періоду, що дозволяє контролювати процес нормалізації ваги з урахуванням як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. Приклад такої адаптації можна представити формулою:

$$\text{New Caloric Need} = \text{Current Caloric Need} * \text{Adjustment Factor}, \quad (7)$$

де Adjustment Factor обчислюється на основі змін ваги, наприклад, $1 \pm$ (зміна ваги / бажана зміна ваги).

Застосування таких адаптивних методів у комплексі дозволяє значно підвищити ефективність рекомендацій та забезпечити дотримання

індивідуальних потреб кожного користувача, що особливо важливо у питаннях нормалізації та підтримки здорової ваги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ожирение и избыточный вес [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Basal metabolic rate [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Basal_metabolic_rate

УДК 004.91

Нечволода Л.В.¹, Крикуненко К.М.², Унегов А.В.³

¹ доц. каф. «ІСПР» ДДМА

² асист. каф. «ІСПР» ДДМА

³ студ. гр. ІСТ-24м ДДМА

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ У ФОРМУВАННІ АВТОМАТИЗОВАНИХ РІШЕНЬ КОЛЬОРОВОГО ОФОРМЛЕННЯ ДЛЯ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ

Колірна палітра значно впливає на сприйняття веб-інтерфейсів і є ключовим елементом дизайну, який визначає атмосферу та естетику сайту. Із зростанням цифрової продукції та прискоренням темпів розробки, дедалі актуальнішою стає потреба в автоматизації процесів підбору кольорових рішень, що дозволяє скоротити витрати часу на дизайн.

Автоматизація може бути застосована для стандартних і повторюваних завдань, таких як створення кольірних схем для різних тем оформлення, які можна швидко адаптувати під конкретні проекти. У цьому контексті кластерний аналіз стає ефективним методом, що дозволяє групувати дані — в даному випадку кольори — для створення гармонійних поєднань. Такий підхід допомагає забезпечити узгодженість кольорових рішень і полегшує процес їх інтеграції в дизайн різноманітних веб-інтерфейсів.

Кластеризація [1] - це метод аналізу даних, при якому схожі об'єкти групуються в кластери на основі певних характеристик. Для кольорів такі характеристики можуть бути відтінки кольору, яскравість і контраст. Кластерний аналіз широко використовується у завданнях обробки зображень і їх сегментації та інших областях, де потрібна ідентифікація подібних елементів.

Кластеризація кольорів допомагає організувати палітру, виділяючи групи відтінків, які поєднуються і можуть бути корисними для різних візуальних рішень. У контексті веб-дизайну кластеризація може допомогти у

виділенні базових колірних категорій, які створюють гармонійне поєднання для інтерфейсів. Але, для виконання даного процесу необхідно створити набір даних про колір, який буде базою для виведення колірних схем та забезпечить узгодженість палітри.

Mood board [2] – це інструмент візуалізації, який використовується для створення загального відчуття та стилю дизайну за допомогою комбінацій зображень, текстур та кольорів. Основна мета mood board – наочно уявити атмосферу та емоції, які має викликати дизайн.

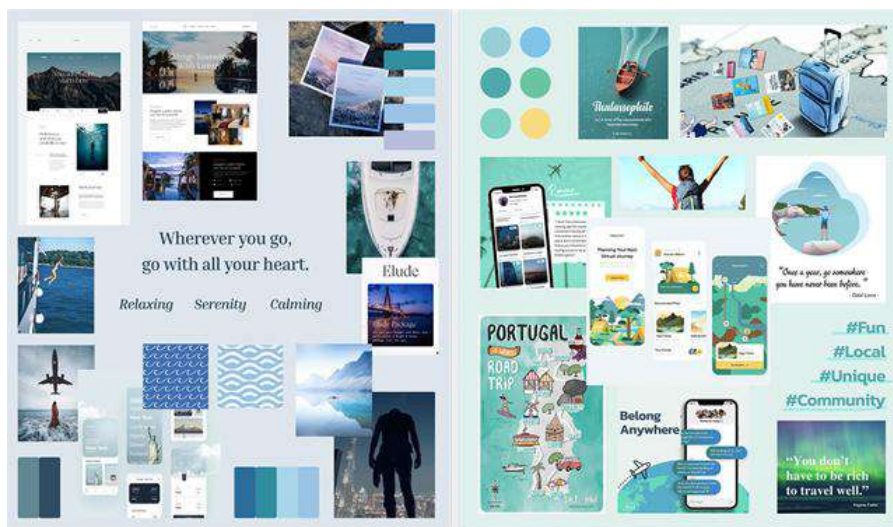


Рисунок 1 – Приклад mood board

Використовуючи кластерний аналіз, можна аналізувати зображення та палітри, щоб отримувати домінуючі кольори та об'єднувати їх у групи, які підтримують певний візуальний стиль.

Процес автоматизації створення колірних рішень за допомогою кластерного аналізу та концепції mood board можна розбити на кілька кроків:

Визначення бажаного настрою (наприклад, теплий, м'який, елегантний, мінімальний).

Вибір зображень або образів, які відповідають цьому настрою.

Застосування алгоритмів кластерного аналізу для виділення домінуючих кольорів на зображеннях, які можуть становити основу палітри.

Створення палітри кольорів, готової до використання для веб-інтерфейсів, з автоматичним розподілом кольорів на основні та акцентні.

Цей процес дозволяє генерувати індивідуальні колірні рішення, які зберігають тематичну мету дизайну та економлять час, що зазвичай витрачається на ручний підбір.

Отже, кластерний аналіз є ефективним інструментом для автоматизації підбору колірних рішень у веб-дизайні, дозволяючи створювати унікальні палітри, що відповідають настрою та естетиці проекту.

Завдяки інтеграції кластеризації та концепції mood board можна швидко та ефективно знаходити колірні схеми, мінімізуючи трудовитрати дизайнерів та покращуючи візуальну відповідність кінцевого продукту.

Такий підхід допомагає стандартизувати колірні рішення для різних проектів та стилів, забезпечуючи високий рівень узгодженості та гармонії у дизайні.

Впровадження таких технологій може прискорити процес розробки, проте важливо враховувати можливі обмеження алгоритмів, наприклад: чутливість до вихідних даних та варіативність настроїв для успішного застосування в реальних проектах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кластерний аналіз [сайт]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7. Дата звернення: 05.11.2024р.
2. Mood Boards in UX: How and Why to Use Them [сайт]. URL: <https://www.nngroup.com/articles/mood-boards/>. Дата звернення: 06.04.2024р.

УДК 004.8

Овчарук О.М.¹, Мазурець О.В.²

¹ асп. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

² канд. техн. наук, доц., доц. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

МЕТОД НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ВИЯВЛЕННЯ ОЗНАК ПСИХІЧНИХ РОЗЛАДІВ ЛЮДИНИ ЗА АНАЛІЗОМ ЇЇ ДОПИСІВ

З розвитком цифрових технологій і соціальних мереж, кількість користувацького контенту стрімко зростає [1]. Аналіз цього контенту відкриває нові можливості для виявлення психічних розладів на ранніх стадіях, що дозволяє сприяти своєчасному наданню допомоги [2].

Традиційні методи діагностики психічних розладів, такі як клінічні інтерв'ю та психометричні тести, мають певні обмеження, зокрема потребують особистого контакту з пацієнтом та займають багато часу [3]. На

противагу цьому, аналіз користувацького контенту в онлайн-середовищі дозволяє збирати дані в реальному часі та на великій вибірці, що підвищує точність і швидкість діагностики [4].

Метою роботи є створення методу нейромережевого виявлення ознак психічних розладів людини за аналізом її дописів, що відрізняється від існуючих можливістю ідентифікації одразу декількох психічних розладів без втрати точності.

Запропонований метод виявлення психічних розладів за аналізом користувацького контенту виконує автоматичну класифікацію текстового користувацького контенту щодо наявності в ньому психічних розладів за їх ознаками.

Схема методу нейромережевого виявлення ознак психічних розладів людини за аналізом її дописів наведена на рисунку 1. Вхідними даними методу нейромережевого виявлення ознак психічних розладів людини є текст для аналізу, ансамбль моделей-трансформерів й множина відповідних їм токенизаторів.

На етапі 1 відбувається токенизація тексту для аналізу кожним токенизатором для переведення в векторне представлення. Токенизація включає в себе також додавання спеціальних токенів. Також доповнення або обрізання тексту до довжини заданої розмірності. В даному дослідженні максимальна довжина тексту становить 128 токенів.

На етапі 2 здійснюється аналіз токенизованого кожним токенизатором тексту відповідною їм нейромережевою моделлю ансамбля. Результатом етапу є оцінки від 0 до 1 сили прояву кожного із досліджуваних психічних розладів.

Етап 3 відповідає за формування висновків про наявність кожного з п'яти досліджуваних видів психічних розладів з їх числовими мірами проявів. Психічний розлад вважається наявним, якщо його сила прояву вища за поріг. Оптимальний поріг для кожного психічного розладу визначається пошуком точки на ROC-кривій, що відповідає найкращому співвідношенню чутливості та специфічності.

Вихідними даними методу є висновок про наявність кожного з п'яти видів психічних розладів із їх числовими мірами проявів.

Ключовим аспектом методу нейромережевого виявлення ознак психічних розладів людини є формування вхідних даних, а саме – ансамблю навчених моделей-трансформерів і їх токенизаторів. Для навчання нейромереж специфічним чином формуються навчальні вибірки: цільового й нецільового класів. Цільовий клас складається із виключно текстових даних з проявами певного психічного розладу. Для запобігання плутанини психічних розладів між собою та враховуючи, що в певному тексті можуть бути й прояви інших розладів, в нецільовій категорії записи формуються за

певними правилами: кількість дописів у нецільовій категорії відповідає або наближається до цільової (похибка не більше 10 дописів); нецільова категорія складається з рівних пропорцій текстів з іншими видами психічних розладів та текстів що не містять таких проявів, або містять їх в дуже маленькій мірі (від 0.0 до 0.3 за шкалою від 0 до 1).

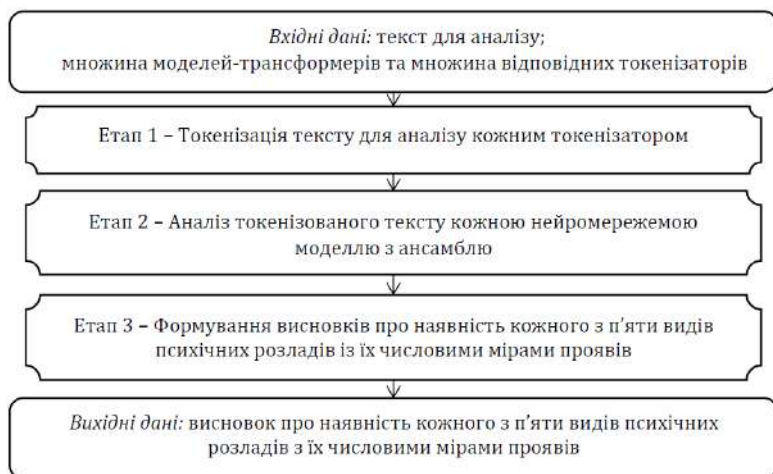


Рисунок 1 – Схема методу виявлення цільових об’єктів предметної області у текстовому контенті засобами машинного навчання

Для дослідження ефективності методу виявлення психічних розладів за аналізом користувацького контенту було порівняно існуючий підхід до мультикласової класифікації з існуючим підходом мультилейбрової класифікації та із запропонованим методом на основі використання ансамблю бінарних класифікаторів для кожного типу психічного розладу. Отож, при багатокласовій класифікації отримано такі результати за макрометриками: Accuracy: 0.854, Precision: 0.867, Recall: 0.854, F1-score: 0.854.

Отримані результати свідчать про високу ефективність використання ансамблю бінарних моделей для класифікації психічних розладів на основі текстових даних. Високі значення метрик (понад 84%) вказують на здатність моделі здебільшого правильно ідентифікувати різні розлади. Однак, існують певні труднощі з класифікацією деяких розладів, зокрема «Anxiety Disorder» та «Depression», які можуть бути пов'язані з їх клінічною подібністю. Це вимагає подальших досліджень для покращення моделі та, можливо, залучення додаткових даних або інших характеристик тексту для підвищення точності класифікації. Створений метод виявлення психічних розладів за аналізом користувацького контенту дозволяє отримати в моделях покращену

здатність розрізняти специфічні ознаки для кожного виду психічного розладу, за рахунок навчання на модифікованих множинах текстових даних, що зменшує ймовірність плутанини між розладами, оскільки модель вчиться розрізняти їхні характерні ознаки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Slobodzian V., Kovalchuk O., Molchanova M., Sobko O., Mazurets O., Barmak O., Krak I. Text Data Vectorization Model of Ukrainian-Language Internet Communication Content. CEUR Workshop Proceedings, 2022, vol. 3171, pp. 561–571.

2. Овчарук О.М., Мазурець О.В., Молчанова М.О., Дідур В.О. Метод прогнозування значень параметрів за їх часовими рядами рекурентною нейронною мережею із згортковим шаром. Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024». Одеса. 26-27 вересня 2024. С. 306-309.

3. Slobodzian V., Molchanova M., Kovalchuk O., Sobko O., Mazurets O., Barmak O., Krak I. An Approach Based on the Visualization Model for the Ukrainian Web Content Classification. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2022. 2022. pp. 400-405.

4. Овчарук О.М., Мазурець О.В. Прогнозування значень параметрів за їх часовими рядами рекурентною темпоральною нейронною мережею. Збірник наукових праць за матеріалами XV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2023». Хмельницький, 2023. с. 227-232.

УДК 004.9

Подковаліхіна О.О.¹, Шаповал М.О.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-111 НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА ГЛАУКОМИ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Актуальність. Глаукома - це хронічне захворювання очей, яке пошкоджує зоровий нерв і може призвести до втрати зору. Основною причиною є підвищення внутрішньоочного тиску, що виникає через поганий відтік внутрішньоочної рідини. При відсутності своєчасного лікування глаукома може призвести до повної втрати зору. Раннє виявлення є ключовим для збереження зору. Регулярні огляди у офтальмолога є надзвичайно важливими для вчасного виявлення хвороби. У групу ризику

потрапляють люди старшого віку. Крім того, при лікуванні глаукоми важливо дотримуватися всіх рекомендацій лікаря та регулярно приймати призначені медикаменти, щоб контролювати внутрішньоочний тиск і зберегти зір. Важливо не тільки дотримуватися медичних рекомендацій, але й знати про наявність сімейної історії захворювання. Таким чином, задача розробки програмного забезпечення для діагностики глаукоми є актуальною.

Аналіз публікацій. В роботі [1] було досліджено використання методу кластерного аналізу для оцінки візуальних полів у пацієнтів з нормотензивною глаукомою. Автори зосереджувалися на центральному 10-2 візуальному полі. Це може допомогти краще оцінити ступінь зменшення чутливості сітківки ока.

В роботі [2] було досліджено застосування кластерного аналізу комп'ютеризованого поля зору та дефектів комплексу гангліозних клітин оптичної когерентної томографії у пацієнтів з високим внутрішньоочним тиском або ранньою стадією глаукоми. Зроблено висновки, що кластерний аналіз може бути корисним інструментом для виявлення ранньої стадії глаукоми.

Метод. Кластерний аналіз - це метод, який групує дані на основі їх схожості в окремі групи або «кластери». Мета цього аналізу полягає в знаходженні схожості між даними, щоб об'єкти в одному кластері були максимально схожі між собою, а об'єкти з різних кластерів відрізнялися.

Метод К-середніх кластерного аналізу групує дані відповідно заданій кількості кластерів, обираючи центри для кожного кластеру та розподіляючи дані до найближчого центру.

Дані. Для діагностики глаукоми основними показниками є: внутрішньоочний тиск, похибка рефракції, MD 24-2, MD 10-2. В таблиці 1 наведено характеристики пацієнтів для встановлення діагнозу глаукоми [1,3,4].

Таблиця 1— Характеристики пацієнтів з глаукомою

Внутрішньоочний тиск	мм рт.ст.	40 ± 5	(26-50)
Похибка рефракції (сферичний еквівалент)	діоптрії	-3,26 ± 3,04	(від +1,75 до -10,00)
MD 24-2	дБ	5,98 ± 4,14	(від +1,62 до -14,94)
MD 10-2	дБ	-6,6 ± 4,85	(+1,20 до -22,64)

Внутрішньоочний тиск (26-50 мм рт. ст.): це тиск рідини в середині ока. Підвищений внутрішньоочний тиск може пошкодити зоровий нерв і є одним із основних факторів ризику розвитку глаукоми.

Рефракційна помилка (-6,3 до -0,22 діоптрії): відображає ступінь короткозорості або далекозорості. Значні відхилення можуть вплинути на внутрішньоочний тиск та ризик глаукоми.

Візуальне поле 10-2 огортає центральну частину поля зору, включаючи центральну ямку. Це поле використовується для оцінки частини зору, яка включає зорову чутливість на високих частотах.

Візуальне поле 24-2 охоплює більшу частину поля зору, включаючи як центральну, так і периферійну частини. Це поле необхідне для оцінки загальної зорової чутливості.

Програмна реалізація. Програмна реалізація була розроблена на мові програмування Python. Python є досить універсальною мовою програмування, через що вона придатна для різних видів програмних реалізацій. Python має важливі бібліотеки для аналізу даних, завдяки цим бібліотекам значно полегшується реалізація кластерного аналізу.

Вхідними даними в програмі є: прізвище, ім'я, по-батькові, вік, стать, дата дослідження, внутрішньоочний тиск, рефракційна помилка, MD 24-2, MD 10-2 (рис.1).

```
def input_patient():
    patient = {}
    'Прізвище': input("Прізвище: "),
    'Ім'я': input("Ім'я: "),
    'По-батькові': input("По-батькові: "),
    'вік': int(input("Вік: ")),
    'Стать': input("Стать: "),
    'Дата дослідження': input("Дата дослідження: "),
    'Внутрішньоочний тиск': float(input("Внутрішньоочний тиск (мм рт. ст.): ")),
    'Рефракційна помилка': float(input("Рефракційна помилка (діоптрії): ")),
    'MD 24-2': float(input("MD 24-2 (дБ): ")),
    'MD 10-2': float(input("MD 10-2 (дБ): ")),
```

Рисунок 1 – Фрагмент коду програми з вхідними даними

Вихідними даними є:

- візуалізація результатів кластерного аналізу у вигляді графіка, на якому зображені точки, що представляють пацієнтів;
- результат діагностики глаукоми;
- запис даних пацієнта та проведеної діагностики в Excel файл.

Результати. На рисунку 2 наведено графік кластерного аналізу, де точка синього кольору є еталонним пацієнтом. Еталонний пацієнт – це людина, яка має чітко визначений діагноз глаукома. А точка помаранчевого кольору – це результати діагностики для пацієнта Булгака Віктора Івановича.

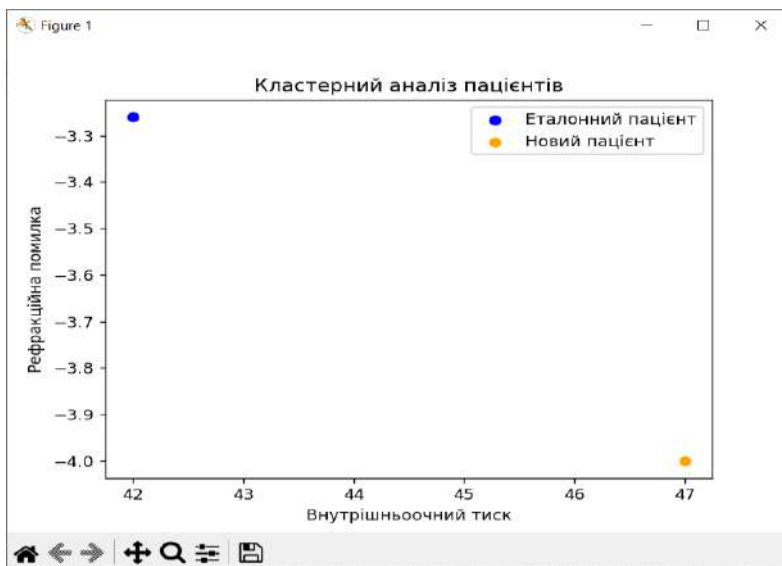


Рисунок 2 – Графік кластерного аналізу

На рисунку 3 наведено результати діагностики для пацієнта Булгака В.І., виведені в консолі програмної реалізації.

```

Прізвище: Булгак
Ім'я: Віктор
По-батькові: Іванович
Вік: 32
Стать: чоловіча
Дата дослідження: 27.10.2024
Внутрішньоочний тиск (мм рт. ст.): 47
Рефракційна помилка (діоптрії): -4
МД 24-2 (дБ): 3
МД 10-2 (дБ): -4
+-----+
| Булгак Віктор Іванович: Має глаукому |
+-----+

```

Рисунок 3 – Результати діагностики пацієнта

На рисунку 4 наведено результати запису даних пацієнта та проведеної діагностики наявності глаукоми в Excel файл.

Прізвище	Ім'я	Іо-батько	Вік	Стать	Дата дослідження	Внутрішньочинний тиск	Рефракційна помилка	МД 24-2	МД 10-2	Наявність глаукоми
Булбак	Віктор	Іванович	32	чоловіча	27.10.2024	47	-4	3	-4	Мас глаукому

Рисунок 4 – Дані пацієнта та результат діагностики, записані в Excel файл

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Suzumura H, Yoshikawa K, Kimura T, Nanno M, Tsumura T. Cluster Formation for Analyses of Glaucomatous Visual Field Defects in Central 10-2 Visual Field in Normal Tension Glaucoma Eyes. Clin Ophthalmol. 2022 Mar 3;16:611-618. doi: 10.2147/OPTH.S354381.
2. Perdicchi A, de Paula A, Sordi E, Scuderi G. Cluster analysis of computerized visual field and optical coherence tomography-ganglion cell complex defects in high intraocular pressure patients or early stage glaucoma. Eur J Ophthalmol. 2020 May;30(3):475-479. doi: 10.1177/1120672119841774.
3. <https://cataract-glaucoma.com.ua/vnutrishnoochnyi-tysk-shcho-tse-norma-poviazani-zakhvoriuvannia/>
4. <https://shevchyk.com/ochnij-tisk-norma-pidvishhenij-znizhenij/>

УДК 004.9

Подковаліхіна О.О.¹, Щербина Д.С.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-111 НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА КАТАРАКТИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Катаракта – це офтальмологічне захворювання, яке характеризується частковим або повним помутнінням кришталіка ока, який знаходиться між райдушкою і склоподібним тілом. Кришталік працює як анатомічна лінза: переломлює промені світла та проектує їх на сітківку ока. Коли кришталік мутніє, у людини знижується якість зору. Катаракта призводить до сліпоти.

В даному напрямку були проведені певні дослідження. В роботі [1] було порівняно діагностичну ефективність та здатність приймати рішення щодо лікування між штучний інтелектом та офтальмологами в реальних клінічних умовах. В роботі [2] було досліджено розрізнення кольорів по кожній з протанових, дейтанових і тританових ліній змішання. Було зроблено висновок, що спостереження не досягли статистичної значущості: «тест знакових рангів Вілкоксона показав статистично значущу різницю як по

протановій ($P = 0,024$), так і по тритановій ($P = 0,020$) осях при порівнянні контрольних і хірургічних тестових вимірювань. Зі збільшенням тяжкості катаракти чутливість кольорового зору погіршувалася сильніше, причому ядерна склеротична катаракта мала найсильніший вплив на чутливість кольорового зору в групі ІvCCT; однак лінійні регресійні моделі показали, що ці спостереження не досягли статистичної значущості».

На основі даних досліджень можна зробити висновок, що штучний інтелект не може повністю замінити спеціалістів, проте він може пришвидшити процес постановки діагнозу та допомогти в зборі статистики для вдосконалення результатів діагностики катаракти. Необхідність збирання статистики можна побачити при ознайомленні з висновками досліджень. При діагностиці катаракти за іншими показниками можна додатково зберігати параметр «Погіршене сприйняття кольорів», проте не використовувати його для постановки діагнозу. Таким чином, через деякий час можна буде проаналізувати дані пацієнтів та отримати додаткову інформацію щодо впливу катаракти на сприйняття кольорів.

В такій ситуації необхідність в розробці програмного забезпечення для діагностики катаракти стає очевидною.

Як відомо, існують різні види катаракти. Їх поділяють за часом виникнення, за локалізацією та за ступенем зрілості. При використанні методу статистичного аналізу доцільно визначати хворобу та її стадію за ступенем зрілості. Таким чином, статистичні дані, що будуть отримуватися, допоможуть у виявленні катаракти на більш ранніх стадіях розвитку.

За ступенем зрілості розрізняють такі види катаракти:

- початкова;
- незріла;
- зріла;
- перезріла.

Додатково, існує перехідний етап між здоровим оком та початковою стадією катаракти – факосклероз.

За наявними даними для діагностики катаракти основними показниками є: гострота зору, індекс помутніння кришталика, внутрішньоочний тиск (табл. 1-2).

Також при захворюванні порушується бінокулярний зір та сприйняття кольорів. Проте для даних параметрів відсутні статистичні дані, тож для подальшого розвитку в напрямку діагностики катаракти слід залишати цю інформацію для статистики, але не використовувати при постановці діагнозу. За цими показниками можна визначити саму наявність та можливу стадію розвитку хвороби.

Таблиця 1 – Значення гостроти та помутніння кришталика на різних стадіях розвитку катаракти.

	Норма	Факосклероз	Погіршений зір, пов'язано з катарактою	Початкова катаракта	Перехід від початкової до незрілої стадії	Незріла катаракта	Зріла катаракта
Гострота зору	1.0	1.0	0.6-0.9	0.4-0.5	0.2-0.3	0.01-0.1	> 0.01
Індекс помутніння кришталика	0.20-0.40	0.41-0.60	---	0.61-0.80	---	0.81-0.90	0.91-1.0

Таблиця 2 – Значення внутрішньоочного тиску в залежності від віку людини.

	До 40 років	Від 41 до 60 років	Після 60 років
Мінімальне значення норми	10 мм.рт.ст.	11 мм.рт.ст.	12 мм.рт.ст.
Максимальне значення норми	21 мм.рт.ст.	22 мм.рт.ст.	24 мм.рт.ст.

На основі наявних даних було розроблено програмне забезпечення для виявлення катаракти та збору статистики для вдосконалення точності діагностики. На підставі аналізу вимог було обрано мову програмування C#, яка забезпечує великий вибір інструменти для розробки. Для створення користувацького інтерфейсу (рис. 1) було обрано WPF через його гнучкість, засоби стилізації, а також можливість легкої інтеграції з C#. Як ORM фреймворк було обрано Entity Framework Core для роботи з базою даних. Для зберігання даних було обрано Microsoft SQL Server, що зумовлено його широким розповсюдженням, надійністю, масштабованістю та можливостями інтеграції з обраними технологіями.

Діагностика катаракти

ПІБ пацієнта

Вік пацієнта: 1

Контакт пацієнта*

Внутрішньочинний тиск (мм.рт.ст.): 5

Гострота зору: -3

Погіршене сприйняття кольорів**

+

Індекс помутніння кришталика: 0,2

Погіршено бінокулярний зір**

+

Провести діагностику

Рисунок 1 – Головне меню програми

ПІБ	Контакт	Гострота зору	Індекс помутніння кришталика	Вік	Внутрішньочинний тиск (мм.рт.ст.)	Погіршене сприйняття кольорів	Порушено бінокулярний зір
Петров Петро Петрович	+000000000000	0,7	0,32	43	15,2	-	-
Іванов Іван Іванович	+000000000000	0,45	0,62	63	25,25	+	-
Петров Васильй Андрійович	+000000000000	1	0,45	38	16	-	-

Рисунок 2 – Вхідні дані для діагностики

ПІБ	Контакт	Гострота зору	Індекс помутніння кришталика	Вік	Внутрішньочинний тиск (мм.рт.ст.)	Погіршене сприйняття кольорів	Порушено бінокулярний зір	Діагноз
Петров Петро Петрович	+000000000000	0,7	0,32	43	15,2	-	-	1. Гострота зору нижче норми. Не пов'язано з катарактою. 2. Індекс помутніння кришталика в нормі. 3. Внутрішньочинний тиск в нормі. Висновок: симптоми катаракти відсутні.
Іванов Іван Іванович	+000000000000	0,45	0,62	63	25,25	+	-	1. Гострота зору вказує на початкову стадію катаракти. 2. ІПН вказує на початкову стадію катаракти. 3. Внутрішньочинний тиск підвищений. Можлива наявність катаракти. Висновок: наявні усі симптоми катаракти.
Петров Васильй Андрійович	+000000000000	1	0,45	38	16	-	-	1. Гострота зору в нормі. 2. ІПН вказує на фазу звороту. 3. Внутрішньочинний тиск в нормі. Висновок: 1 з 3 показників вказує на виникнення катаракти.

Рисунок 3 – Результати діагностики, збережені у файл

Розроблене програмне забезпечення надає можливість виконувати наступні функції:

- введення даних одного пацієнта або вибір Excel-файлу з даними декількох пацієнтів (рис. 2);

- зміна нормових значень визначених параметрів (гострота зору, індекс помутніння кришталика, внутрішньоочний тиск);
- діагностика катаракти на основі нормових значень за введеними даними пацієнта;
- збереження результатів діагностики у БД;
- перегляд збережених результатів діагностики;
- збереження результатів діагностики з БД у вигляді Excel-файлу (рис. 3).

Використання Excel-файлів дає змогу зручно виконувати діагностику для великої кількості пацієнтів або зберігати її результати для подальшого використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Haotian L., Ruiyang L., Zhenzhen L. et. al. Diagnostic Efficacy and Therapeutic Decision-making Capacity of an Artificial Intelligence Platform for Childhood Cataracts in Eye Clinics: A Multicentre Randomized Controlled Trial. - *EClinicalMedicine*. - №9, 2019. - P. 52-29. doi: 10.1016/j.eclinm.2019.03.001
2. Jolly J., Pratt L. et. al. The Effect of Cataract on Color Vision Measurement with the Low-Vision Cambridge Colour Test: Providing an Adjustment Factor for Clinical Trials. - *Ophthalmology Science*. – Volume 2, №2? 2022. <https://doi.org/10.1016/j.xops.2022.100153>

УДК 004.9

Подковаліхіна О.О.¹, Гребінець О.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-111 НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА КАТАРАКТИ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Актуальність. Катаракта — це захворювання очей, яке характеризується частковим або повним помутнінням кришталика, що міститься між райдушкою та склоподібним тілом. Кришталик сам по собі прозорий і виконує роль лінзи, через яку переломлюється світло, фокусується побачена картинка на сітківці. При даній патології помутніла структура очей не може належним чином пропускати світло, внаслідок чого зір погіршується аж до його повної втрати. Катаракта посідає перше місце в Україні за поширеністю серед захворювань очей та додаткового апарату. Це обумовлює те, що сьогодні катаракта розглядається не лише як одна з актуальних офтальмологічних проблем, але і як важлива медико-соціальна проблема. Середній рівень поширеності катаракти за період з 2009 по 2012 роки склав 539864 хворих серед усього населення (1171,6 на 100 тис.) та

537624 хворих серед дорослого населення (1421,5 на 100 тис.). Не зважаючи на незмінну частку цієї патології у загальній структурі захворюваності, кількість хворих на катаракту в Україні постійно збільшується [1].

Метод. Кластерний аналіз — це метод статистичного аналізу, який використовується для групування об'єктів або спостережень на основі схожості або відмінності між ними. Мета кластерного аналізу полягає в тому, щоб поділити дані на групи (кластери) таким чином, щоб об'єкти в одному кластері були більш схожими один на одного, ніж на об'єкти з інших кластерів. Для аналізу даних було використано метод кластеризації k-середніх (k-means) - алгоритм неконтрольованого навчання, який використовується для кластеризації даних, що групує непомічені точки даних у групи або кластери. Це один з найпопулярніших методів кластеризації, що використовується в машинному навчанні [2].

Вхідні дані. Дано навчальну вибірку даних в форматі *.csv файлу (рис. 1) з наступними параметрами: вік, гіпертонія, діабет, астма, артрит, травма ока, діагноз (наявність або відсутність катаракти). Вибірku було розроблено на основі даних поширеності катаракти та пов'язаних із нею факторів у районі Південний Арі, Південна Ефіопія, у грудні 2017 року [3]. Дані параметри приймають наступні значення:

- вік: від 40 до 90 років;
- інші параметри: 0 – якщо відсутня хвороба у пацієнта, 1 – присутня.

Також дано інформацію про пацієнта з ідентичними параметрами.

age,hypertension,diabetes,asthma,arthritis,eye_trauma,diagnosis

44,0,0,0,0,0,0					
41,0,0,0,0,0,0					
48,0,0,0,0,0,0					
45,0,0,0,0,0,0					
40,0,0,0,0,0,0					
49,0,0,0,0,0,0					
46,0,0,0,0,0,0					
40,0,0,0,0,1,0					
43,0,0,0,0,1,1					
47,0,0,0,0,0,0					
44,0,0,0,0,0,0					

Рисунок 1 – Навчальна вибірка.

Програмна реалізація. Програма виконується в декілька етапів:

Етап 1. Імпортування необхідних бібліотек.

Етап 2. Зчитування навчальної вибірки.

Етап 3. Відділення ознак від діагнозу пацієнта.

Етап 4. Навчання алгоритму на основі навчальної вибірки.

Етап 5. Введення даних пацієнта.

Етап 6. Використання “навченого” алгоритму для визначення діагнозу.

Етап 7. Виведення результату кластеризації для даних пацієнта у консолі.

Вихідними даними програми є результат діагностування пацієнта за внесеними даними (катаракта відсутня або присутня).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги (Наказ МОЗ України № 49 від 28.01.2016)» [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/2016_49_ukpmd_katarakta.pdf.

2. «What is k-means clustering?» [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/topics/k-means-clustering>.

3. Temesgen Wolde Kentayiso, Agune Ashole Alto, Zeleke Abebaw, Direslgne Misker, Wanzahun Godana Boynito. .Cataract Prevalence and Its Associated Factors among Adult People Aged 40 Years and above in South Ari District, Southern Ethiopia. *Advances in Public Health*. Volume 2023, Issue 1. <https://doi.org/10.1155/2023/1996608>

УДК 004.9

Подковаліхіна О.О.¹, Скорик С.С.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. КНТ-111 НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА ГЛАУКОМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Глаукома — це хронічне захворювання органу зору, що супроводжується підвищенням внутрішньоочного тиску та поступовим ураженням зорового нерву. Ця патологія є однією з провідних причин незворотної сліпоти у світі, оскільки ушкодження нервових волокон призводить до прогресивної втрати зору. Особливістю глаукоми є її тривалий безсимптомний перебіг на ранніх стадіях, через що пацієнти часто звертаються до лікаря вже на пізніх етапах хвороби. Відсутність своєчасного

лікування може призвести до повної атрофії зорового нерву і сліпоти, тому рання діагностика глаукоми є надзвичайно важливою для запобігання серйозним наслідкам та збереження зорових функцій. Своєчасне виявлення та відповідне лікування можуть сповільнити прогресування хвороби, покращуючи прогноз для пацієнтів і забезпечуючи кращу якість життя.

У статті [1] автори досліджували точність діагностики глаукоми за допомогою оптичної когерентної томографії (ОСТ) та ретинографії в рамках програми телемедицини. Методами були скринінгові обстеження 1006 осіб із використанням ОСТ і фотографій очного дна, з подальшим офтальмологічним обстеженням та обчисленням показників чутливості, специфічності та прогностичних значень. Стаття [2] присвячена аналізу розподілу внутрішньоочного тиску (ВОТ) за віком і статтю, а також поширенню глаукоми в британській спільноті. Методом був кроссекційний спостережний аналіз на основі обстеження 8623 осіб із визначенням ВОТ, чутливості та специфічності цього показника для виявлення глаукоми. У статті [3] досліджено втрату чутливості сітківки в центральному полі зору у пацієнтів з нормотензивною глаукомою за допомогою автоматизованої периметрії. Метод полягав у використанні ієрархічного кластерного аналізу відхилень чутливості для створення кластерної системи для аналізу дефектів зору.

Метод діагностики глаукоми, що буде застосовано, базується на статистичному аналізі, зокрема на логістичній регресії. Ця модель дозволяє визначити ймовірність розвитку глаукоми на основі ряду клінічних параметрів, таких як вік, стать, візуальна функція, внутрішньоочний тиск, наявність родинної історії та особистої медичної історії. Основна сутність методу полягає у створенні предиктивної моделі, яка навчена на реальних даних про пацієнтів. За допомогою розподілу даних та статистичних тестів ми можемо виявити важливі фактори, що впливають на ризик розвитку глаукоми. Користувач вводить особисту інформацію, після чого модель оцінює ризик на основі вивчених закономірностей.

Модель логістичної регресії обробляє дані та видає ймовірність, що дозволяє не тільки класифікувати пацієнта як підозрюваного в наявності глаукоми, але й оцінити рівень ризику. Такий підхід забезпечує об'єктивність у діагностиці, а також можливість подальшого клінічного спостереження за пацієнтами, які мають високий ризик. В таблиці 1 наведені характеристики вибірки, які використовувались для навчання моделі [1].

Програмне забезпечення було розроблено на мові програмування Python. Вибір обумовлений зручністю для аналізу даних завдяки наявності бібліотек, таких як pandas, numpy та scikit-learn, які полегшують обробку, аналіз і моделювання.

Таблиця 1 - Характеристики вибірки

Категоріальна змінна	Категорії	Всього (n=1006)	Підозрювані (n=201) (19.9%)	Не підозрювані (n=799) (79.4%)
Стать	Жіноча	523 (51.9)	94 (46.8)	426 (52.9)
	Чоловіча	483 (48.1)	107 (53.2)	373 (47.1)
Вік	<65	425 (42.2)	64 (31.8)	360 (45.1)
	65-74	386 (38.4)	81 (40.3)	305 (38.2)
	>74	195 (19.4)	56 (27.9)	134 (16.7)
Гострота зору	Низька (<0.2)	63 (6.3)	31 (15.4)	33 (4.1)
	Середня ([0.2–0.5])	166 (16.5)	41 (20.4)	119 (14.8)
	Висока (>0.5)	777 (77.2)	129 (64.2)	647 (81.1)
Внутрішньочинний тиск	[0–21]	979 (97.3)	178 (88.6)	795 (99.5)
	>21	27 (2.7)	23 (11.4)	4 (0.5)
Сімейна історія глаукоми	так	102 (10.1)	13 (6.5)	89 (11.1)
Особиста історія глаукоми	так	61 (5.1)	24 (11.9)	34 (4.3)

На рис. 1 наведено фрагмент коду програмної реалізації - побудова моделі логістичної регресії для діагностики глаукоми. На рис. 2 наведені дані пацієнта та результати проведеної діагностики глаукоми.

```

38
39 # Scale the features
40 scaler = StandardScaler()
41 X_scaled = scaler.fit_transform(X)
42
43 # Split the dataset into training and testing sets
44 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_scaled, y, test_size=0.3, random_state=42)
45
46 log_reg_model = LogisticRegression()
47
48 # Fit the model to the training data
49 log_reg_model.fit(X_train, y_train)
50
51 # Evaluate the model on the test set
52 y_pred = log_reg_model.predict(X_test)
53 accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
54
55 # Show confusion matrix and classification report
56 conf_matrix = confusion_matrix(y_test, y_pred)
57 class_report = classification_report(y_test, y_pred)

```

Рисунок 1 – Побудова моделі логістичної регресії

```
Glaucoma Risk Predictor
Enter Gender (Male/Female): male
Enter Age (e.g., 70): 75
Enter Visual Acuity (e.g., 0.1 for low vision): 0.9
Enter Intraocular Pressure (IOP in mmHg, e.g., 21): 40
Family history of glaucoma? (yes/no): yes
Personal record of glaucoma? (yes/no): yes
A patient is suspected of having glaucoma with a probability of 0.74.

Process finished with exit code 0
```

Рисунок 2 – Дані пацієнта та результат діагностики

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Anton A., Nolivos K., Pazos M. et. al. Diagnostic Accuracy and Detection Rate of Glaucoma Screening with Optic Disk Photos, Optical Coherence Tomography Images, and Telemedicine. Journal of Clinical Medicine. 2022, 11(1), 216. <https://doi.org/10.3390/jcm11010216>
2. Chan M., Broadway D., Khawaja A. et. al. Glaucoma and intraocular pressure in EPIC-Norfolk Eye Study: cross sectional study. BMJ, 2017, 358, j3889. <https://doi.org/10.1136/bmj.j3889>
3. Suzumura H., Yoshikawa K., Kimura T., Nanno M., Tsumura T. (2022). Cluster Formation for Analyses of Glaucomatous Visual Field Defects in Central 10-2 Visual Field in Normal Tension Glaucoma Eyes. Clinical Ophthalmology. 2022, Volume 16, Pages 611-618. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S354381>

УДК 004.4

Дубровін В.І.¹, Дейнега Л.Ю.², Польська Є.А.³

¹ проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. КНТ-141 НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗНОСУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Вейвлет-Перетворення

Мета системи моніторингу зносу

Система моніторингу зносу інструментів має ключову мету — попередити знос під час обробки твердих матеріалів, таких як Inconel 718, який широко використовується в авіакосмічній і газотурбінній промисловості

[2]. Система аналізує сигнали датчиків різних типів (сили різання, акустичної емісії та вібрації) для прогнозування стану інструмента [3]. Ця технологія спрямована на підвищення якості продукції, мінімізацію несправностей інструментів та зменшення витрат на технічне обслуговування [1]. Моніторинг зносу ріжучого інструменту є важливим для забезпечення стабільності процесу обробки, підвищення якості оброблюваних деталей і збільшення терміну служби інструменту [4]. Невчасна заміна інструменту може призвести до катастрофічних наслідків, таких як поломка інструменту та псування заготовки [6]. Під час роботи металорізальних станків знос різального інструменту призводить до зміни геометричних характеристик оброблюваної деталі. Важливо своєчасно діагностувати знос, щоб зберегти точність обробки [5].

Методи аналізу (вейвлет-перетворення)

Вейвлет-перетворення (Wavelet Packet Transform, WPT) є основним інструментом для обробки сигналів у цій системі [1]. WPT дозволяє аналізувати сигнали як у часовій, так і в частотній області, забезпечуючи точне визначення зносу інструменту [4]. Завдяки сегментації сигналу та використанню декомпозиції за допомогою вейвлетів, отримані дані піддаються обробці, що дозволяє створювати характеристики для аналізу зносу [2]. Ці характеристики передаються в нейронні мережі для прогнозування зносу [6].

Отримані результати та їх значення для індустрії або науки

Результати показали, що застосування вейвлет-перетворення та машинного навчання в системах моніторингу значно покращує точність оцінки стану інструменту [3]. Це дає змогу оптимізувати режими обробки матеріалів, підвищити надійність інструментів та скоротити простой обладнання [2]. Для промисловості це означає зменшення виробничих витрат, підвищення якості обробки матеріалів і підвищення терміну служби інструментів [1].

Висновки

Застосування систем моніторингу зносу інструментів на основі вейвлет-перетворення та методів машинного навчання є важливим кроком у розвитку сучасних технологій обробки матеріалів. Вейвлет-аналіз забезпечує точне розпізнавання сигналів, пов'язаних із процесом зносу, дозволяючи ефективно контролювати стан інструментів у реальному часі [4]. Отримані результати досліджень демонструють значне підвищення продуктивності та якості обробки матеріалів, зменшення часу простоїв та витрат на технічне обслуговування. Така система моніторингу зносу є перспективною не лише для промислового застосування, але й для подальших наукових досліджень у сфері обробки твердих матеріалів [5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Soufiane Laddada, Med. Ouali Si-Chaib, Tarak Benkedjough, Redouane Draï. Tool wear condition monitoring based on wavelet transform and improved extreme learning machine // Journal of Manufacturing Processes. — 2024. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-024-13680-y> (дата звернення: 21.10.2024).

2. Dufour E., Dufour M., Soullard J. A hybrid approach for tool wear monitoring based on vibration analysis and machine learning // Applied Sciences. — 2022. — Vol. 12, Article № 8746. — URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/18/8746> (дата звернення: 21.10.2024).

3. Jain S., Jain A., Sharma A. Application of wavelet transform in vibration analysis for tool condition monitoring // Journal of Sound and Vibration. — 2021. — Vol. 488. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2020.115711> (дата звернення: 21.10.2024).

4. Дубровин В.И., Афонин Ю.С., Зинченко Р.Н., Емельяненко С.С., Манило Т.В. Подход к построению модели по звуковому сигналу с использованием вейвлет-преобразования. //Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. 2007, №1.-С. 112-115.

Пат. 90102 Україна, МПК6 G01R 23/16. Спосіб визначення оптимального вейвлету для аналізу сигналів на основі дослідження його амплітудно-частотної характеристики [Текст] / В. І. Дубровін, Ю. В. Твердохліб; заявник и патентовласник: Запорізький національний технічний університет. - заявл. 20.12.13; опубл. 12.05.14, Бюл. №9.,3с.

J. Tverдохleb Wavelet technologies of non-stationary signals analysis / J. Tverдохleb, V. Dubrovin, M. Zakharova // 1-th IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing. – Ukraine, Lviv: LPNU, 2016. – P. 75–79 — URL: <https://www.hneu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/11/Tverдохleb-Yu.V.-Disertaciya-Vchena-rada-K-64.055.03-2018.pdf>

УДК 004.75

Rudenko Maksym¹, Sotnik Svitlana²

¹ student KITIBm-24-2 NURE

² associate professor of CITAR, NURE

OVERVIEW OF APPROACHES TO SCALING RELATIONAL DATABASES IN DEVELOPMENT AND ADAPTATION OF WEB APPLICATIONS

In today's world, web applications are increasingly becoming main tool for storing, processing, and providing large amounts of data to large numbers of users [1-3]. When developing and adapting such applications, developers face important

problem: how to ensure high performance and availability when load increases. One of main elements influencing efficiency of such systems is databases [4-8]. Relational databases, despite their proven stability and reliability, may not be scalable enough with large amount of information or large number of simultaneous requests.

In connection with above, there is need to scale database to ensure stable operation of system. Scaling relational databases involves use of various approaches and technologies, such as: master/slave and master/master replication, functional partitioning, horizontal data distribution (sharding), denormalization. They allow you to improve performance, ensure high availability and fault tolerance, even in case of heavy loads.

In modern web development, managing large volumes of data and high user concurrency is essential for web applications, and databases are central to meeting these demands. Relational databases, known for their stability and ACID-compliant reliability (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), often face challenges in scaling, especially as the volume of data or number of users grows.

In order to understand which method works best and when to use them, you need to know their advantages and disadvantages and nuances of using each of them.

First, let's look at replication method. Replication is process of creating and maintaining copies of databases on different nodes in order to ensure high availability, data preservation, and load balancing. This is basic approach to scaling relational databases, replication itself has two schemes of operation: master/slave and master/master.

The master/slave approach in replication is one of most common methods for scaling relational databases. This method assumes that there is one primary database server and several slave servers in system. The primary server performs all operations of writing (adding, updating, deleting) data. This allows you to ensure integrity of data, because all changes are stored on one server. Slave servers receive copies of data from primary server and are responsible for executing read requests, which reduces load on primary server. This is especially important for large, high-volume web applications, where reading load balancing can significantly improve system performance. After making changes on primary server, data is automatically synchronized with slave servers.

Example is mobile application that millions of people use every day. Due to high number of requests, main database will have heavy load, resulting in slower server response time. While most users only read content (e.g., view posts and comments), database handles both read and write requests. This approach allows you to divide read operations into multiple servers, which will reduce time it takes to load content and improve user experience.

The advantage of this approach is that use of slave servers for read requests reduces load on principal server – this allows it to use write operations more efficiently. When applying this approach, it is easy to add new slave servers, which allows you to scale system.

The disadvantages of this method are that downstream servers may have some delay in displaying changes due to synchronization process and risk of data loss if primary server goes down before downstream servers receive copies of data.

The next replication approach is master/master. This approach allows simultaneous data to be written to multiple servers, where each server can perform both write and read operations. This provides higher level of availability and load balancing, especially in systems where large numbers of write operations need to be performed, and there is need for stable availability to data.

Let's take as example web application used by people from around world: they create, edit, and delete data. To ensure fastest response times in all regions, database servers are located in different geographic locations. In this situation, it is necessary that all changes are synchronized between all nodes in real time. A master/presenter approach will help solve this problem: changes made by user on one server will be automatically copied to all others, ensuring consistency of data anywhere in world.

The advantages of this approach are that if one of database servers fails, system continues to work without failure, because its role can be performed by other replicas, requests can be distributed among several servers, which significantly reduces load on individual nodes and improves performance, especially in high-load applications.

The disadvantages are that because system can write to different servers at same time, there is risk of data conflicts when different servers will try to update same record at same time and synchronizing changes between servers can create delays, especially in distributed systems with geographically dispersed servers.

Another approach to scaling databases is functional partitioning. This approach to scaling databases involves dividing database into several parts, where each part stores data for separate functional area or module of system. Each of these parts can be placed on separate server, which allows you to distribute load and increase performance of database. For example, there is web application where users can chat and make purchases. If everything is placed on single database server, any increase in load on one component will affect performance of entire system. This monolithic database can be divided into three small ones: chat, user, purchase – then each part of system will be able to scale independently of others, taking into account individual needs and loads. This will improve overall performance of system and provide greater stability: problems in one component will not directly affect others.

The advantages of this approach are that distribution of data by domain reduces load on each individual server and increases performance, as well as scalability: system is easier to scale by adding new servers for individual functional parts.

The disadvantages are complexity of support, double data storage, and difficulty of processing transactions.

Functional partitioning is suitable for systems that contain different types of data or business functions, such as CRM systems or ERP systems.

Also, one of popular methods of scaling databases is horizontal distribution of data. Usually, this method is used to process large amounts of same type of data, such as social networks, which store information about millions of users. The essence of this method is to divide one table into several parts, each of which is stored on different servers, which significantly increases scalability of system. The data is divided into multiple segments based on specific criterion, such as user ID, where each segment stores all records for users in some ID range. One of advantages of this approach is that each server handles only portion of data – this reduces load on each of them and allows for significant increase in overall system performance. Routing logic is used to determine which server stores necessary data.

The disadvantages of this approach are complexity of setup and maintenance. This method requires careful planning, choosing right criterion for data distribution, and creating efficient routing logic. Choosing wrong criterion for data distribution can lead to uneven load between servers, which can become bottleneck in system.

Another common method of scaling databases is denormalization. This is approach in which data is duplicated to reduce need to run complex queries or join tables, thereby increasing speed of query execution. Unlike normalization, which minimizes redundant data and dependencies between tables, denormalization allows you to store some of this redundant data to reduce number of queries or joins between tables. This is especially useful for high-load web applications, where speed of data access is critical. For example, you can add columns with customer information to order table, even though this data is already stored in customer table. This allows you to get order and customer information faster from single table. The main disadvantage of such system is increase in amount of data.

Summing up all this, we can conclude that scaling relational databases is important component of ensuring efficient operation of modern web applications that process large amounts of data and require high availability. The scaling approaches that have been considered offer different ways to optimize to achieve goals. Each approach has its advantages and disadvantages. Depending on specific needs of particular application, each of these methods can be effectively used, allowing you to create flexible and productive system capable of working with large amounts of data and scaling under heavy loads.

REFERENCES

1. I. S. Nevludov, et al. "Cloud giants: AWS, Azure and GCP: дис.," 2023 2nd International Conference on Innovative Solutions in Software Engineering Ivano-Frankivsk. 2023, pp. 18-24.
2. S. Sotnik, et al. "Overview: PHP and MySQL features for creating modern web projects," International Journal of Academic Information Systems Research. 2023, pp. 11-17.
3. S. Sotnik, et al. "Development Features Web-Applications," International Journal of Academic and Applied Research. 2023, pp. 79-85.
4. V. G. Kaponkin, et al. "The role of big data in improving functionality of search engines," The 8th International scientific and practical conference "European congress of scientific achievements" (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2024, pp. 69-76.
5. S. V. Sotnik "Implementation of game-based learning method," Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024 / Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 26-27 вересня 2024 р. 2024, pp. 19-22.
6. A. Tverdokhlib, et al. "Intelligent tools for optimizing information and search engines," Manufacturing & Mechatronic Systems 2024: Proceedings of VIII st International Conference, Kharkiv, October 25-26, 2024, pp. 28-31.
7. S. V. Sotnik "Features of using REST architecture for development of ARS for information systems," Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи в управлінні проектами та програмами», Кoblevo, 9–13 вересня 2024 р. Збірник праць. – Харків: ХНУРЕ. 2024, pp. 42-45.
8. I. A. Borysenko, et al. "Chat gpt features in data search," The 9th International scientific and practical conference "Scientific progress: innovations, achievements and prospects" (May 29-31, 2023) MDPC Publishing, Munich, Germany. 2023, pp. 139-143.

УДК 004.8

Собко О.В.¹

¹ викл. кафедри комп'ютерних наук, Хмельницький національний університет

МЕТОД АНАЛІЗУ ТА ФОРМУВАННЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ ДАТАСЕТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРЗАЛЯКУВАНЬ У ТЕКСТОВОМУ КОНТЕНТІ

Відсутність прозорості щодо джерел і характеристик даних, які використовуються для навчання алгоритмів штучного інтелекту, підриває довіру до отриманих результатів. В такому випадку часто користувачі не

можуть оцінити потенційні упередження чи дискримінаційні елементи, вбудовані у ці алгоритми. Недостатня інформованість про вміст навчальних датасетів збільшує ризик поширення несправедливих або неточних рішень, які можуть мати серйозні наслідки для окремих осіб та суспільства в цілому.

Відсутність уваги до етичних компонентів при створенні та використанні датасетів призводить до упередженості в алгоритмах, що негативно впливає на справедливість та достовірність прийнятих рішень [1].

Метою роботи є розробка методу аналізу та формування репрезентативних датасетів для виявлення кіберзалякувань у текстах.

Метод аналізу та формування репрезентативних датасетів передбачає не тільки аналіз на репрезентативність, а й формування репрезентативної вибірки [2]. При чому просте доповнення вибірки зразками, згенерованими, наприклад, за методикою SMOTE не є оптимальним, так як багатокритеріальне (за кількома етичними аспектами одночасно) формування репрезентативного датасету, призведе до нерепрезентативного представлення даних вибірки за окремими етичними аспектами. Наприклад, необхідно сформувати текстову вибірку репрезентативну за двома етичними аспектами – гендерним та віковим. Виявивши нерепрезентативне представлення за віковим аспектом, необхідно доповнити текстову вибірку таким чином, щоб не порушити репрезентативність вибірки за гендерним аспектом, таким чином необхідно розв'язати задачу оптимізації формування репрезентативного текстової вибірки за усіма обраними етичними аспектами одночасно. Схему методу аналізу та формування репрезентативних вибірок текстових даних наведено на рисунку 1.

Вхідними даними для методу аналізу та формування репрезентативних вибірок текстових даних є вибірка текстових даних для аналізу, цільова кількість елементів у вибірці, множина етичних аспектів, яка містить також класи та цільові пропорції класів, відповідно навчена множина моделей машинного навчання для кожного етичного аспекту, яка для навчання використовує збалансовані вибірки для кожного етичного аспекту.

На першому кроці здійснюється попередня обробка вибірки текстових даних, а саме видалення неінформативних фрагментів тексту, таких як знаки пунктуації, цифри та спеціальні символи [3]. Знаки пунктуації, як-от крапки, коми, знаки оклику та питання, зазвичай не несуть змістового навантаження при автоматизованій обробці тексту і тому видаляються для уникнення зайвого ускладнення процесу аналізу. Цифри також видаляються, так як не мають ключового значення для контексту вибірки, наприклад, коли йдеться про випадкові числові дані, які не є предметом дослідження. До таких елементів також відносяться спеціальні символи, зокрема знаки «@» або «#», які в більшості випадків не несуть аналітичного інтересу. Видалення смайлів під час попередньої обробки текстових даних в даному випадку є

недоцілним. Смайли слугують важливими емоційними індикаторами, які можуть значно змінити смисл речення. У багатьох випадках смайли можуть слугувати своєрідними маркерами настроїв або ставлень до теми. Включення смайлів в аналіз дозволяє покращувати точність моделей машинного навчання, що використовуються для класифікації текстів за емоційним або настроєвим змістом.

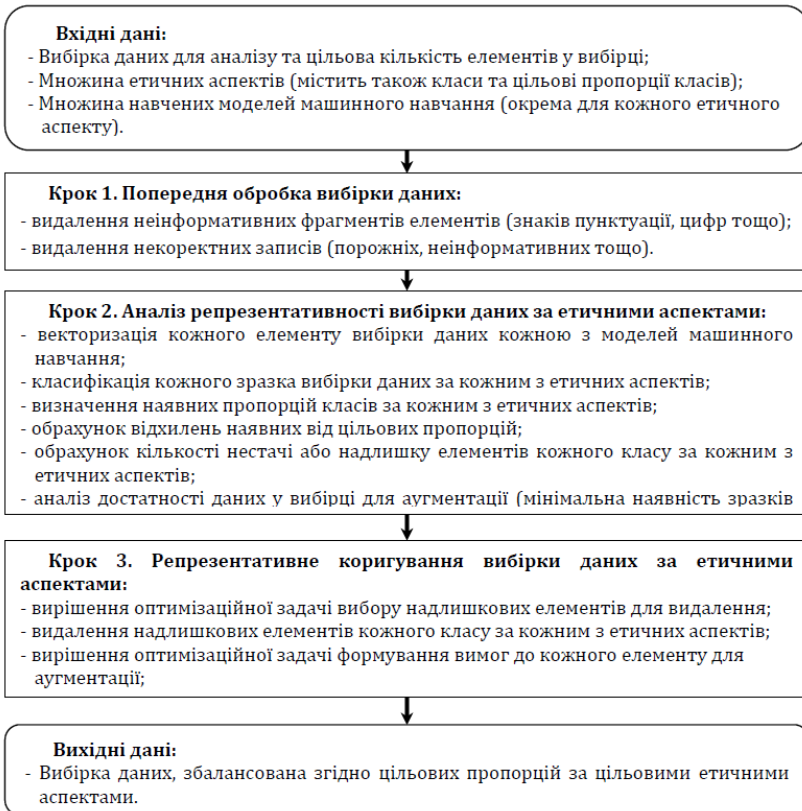


Рисунок 1 – Схема методу аналізу та формування репрезентативних вибірок текстових даних.

На кроці 2 здійснюється аналіз репрезентативності вибірки текстових даних з урахуванням етичних аспектів. Спершу необхідно здійснити векторизацію кожного елемента вибірки даних, використовуючи кілька моделей машинного навчання для кожного з етичних аспектів. Далі кожен

зразок вибірки піддається класифікації машинною моделлю за визначеним етичним аспектом. Після цього на основі класифікації необхідно визначити наявні пропорції класів для кожного з етичних аспектів, що дозволить визначити, наскільки рівномірно або нерівномірно представлені різні категорії даних у вибірці щодо обраних етичних аспектів. Далі потрібно обчислити відхилення наявних пропорцій класів від цільових. Таким чином буде визначено ступінь несправедливого, упередженого представлення одних демографічних підгруп порівняно з іншими. Цільові пропорції визначають на бажаних показниках справедливості або на реальних демографічних пропорціях підгруп певного населення: міста, країни, тощо. Після цього здійснюється обчислення кількості елементів кожного класу, яких не вистачає або які перевищують необхідні пропорції, що необхідно для визначення, які саме дані демографічних підгруп потрібно збільшити або зменшити для досягнення репрезентативного вигляду вибірки текстових даних. Останнім на цьому кроці, необхідно оцінити достатність даних для аугментації, що полягає в перевірці мінімальної кількості зразків кожного класу для коректного представлення демографічної підгрупи. Якщо певні підгрупи за певним етичним аспектом представлені недостатньо, то для такого класу вибірки даних відбувається аугментація даних, тобто штучне розширення вибірки для досягнення потрібної пропорції.

Третій крок передбачає репрезентативне коригування вибірки даних з урахуванням етичних аспектів. Перш за все, вирішується оптимізаційна задача вибору надлишкових елементів, які мають бути видалені для досягнення цільових пропорцій класів. Після вирішення оптимізаційної задачі здійснюється видалення надлишкових елементів, яке б не порушувало внутрішню структуру вибірки з метою збереження репрезентативності за усіма обраними етичними аспектами. Видаляються тільки ті елементи, які не є необхідними для забезпечення цільових пропорцій за етичними аспектами. Метою цього етапу є забезпечення збалансованої вибірки, де кожен клас представлений у межах оптимальних пропорцій демографічних підгруп. Далі формуються вимоги до кожного елемента для аугментації, що також є оптимізаційною задачею, яка вимагає визначення, яким чином збільшити кількість елементів недостатньо представлених класів, щоб досягти бажаних пропорцій. Завершальним на цьому кроці є здійснення безпосередньо аугментації вибірки до цільових вимог. Аугментація повинна не призводити до штучного спотворення вибірки – недостатньо представлені класи доповнюються новими елементами, що відповідають заздалегідь визначеним критеріям. Така аугментація дозволяє досягти необхідної кількості елементів для кожного класу за кожним обраним етичним аспектом, що забезпечує репрезентативне формування вибірки.

Таким чином, вихідними даними методу є вибірка даних, збалансована згідно цільових пропорцій за цільовими етичними аспектами.

Отже, було розроблено метод аналізу та формування репрезентативних вибірок текстових даних. Виконання кроків методу аналізу та формування репрезентативних вибірок текстових даних дозволить формувати текстові вибірки, які є недискримінаційними та неупередженими та відображають пропорційне до реальних демографічних підгруп популяції представлення зразків вибірки, що впливатиме на точність та прозорість навчання моделей машинного навчання для вирішення різноманітних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Krak I., Zalutska O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2024, vol. 3688, pp. 16-28.

2. Собко О. В. Дослідження ефективності методу оцінювання та коригування репрезентативності датасету за FATE-принципом справедливості. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи сучасної науки: теорія і практика». 16-18.09.2024. Львів – 2024. с. 217-221.

2. Собко О. Метод інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології ІУСТ-ОДЕСА-2024». 23-25.09.2024. Одеса. 2024. С.262-265.

3. Zalutska O., Molchanova M., Sobko O., Mazurets O., Pasichnyk O., Barmak O., Krak I. Method for Sentiment Analysis of Ukrainian-Language Reviews in E-Commerce Using RoBERTa Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2023, vol. 3387, pp. 344–356.

УДК 004.9

Тарасов О.Ф.¹, Алтухов О.В.², Васильєва Л.В.³

¹ проф. Донбаської державної машинобудівної академії

² старш. викл. Донбаської державної машинобудівної академії

³ доц. Київського національного економічного університету ім. В.Гетьмана

ЯДРО СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІНТЕНСИВНОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Процеси інтенсивної пластичної деформації (ПД) дозволяють отримувати матеріали з дрібнозернистою структурою та покращеними фізико-механічними властивостями. Процеси ПД активно розвиваються в

останні роки, але їх дослідження та впровадження в промисловість є складнішими, ніж класичні процеси обробки металів тиском. Незважаючи на труднощі отримання таких матеріалів, вони потрібні в літакобудуванні, автомобілебудуванні, медицині та інших високотехнологічних галузях. Сучасні інтегровані системи на основі промислових CAD/CAE систем не дозволяють якісно моделювати багатостадійні технологічні процеси ПД. Це пов'язано з обмеженими можливостями інтегрованих автоматизованих систем моделювання, зокрема систем CAE, щодо реалізації користувальницьких моделей поведінки нових матеріалів, вирішення задач аналізу результатів моделювання та оптимізації процесів інтенсивної пластичної деформації.

При моделюванні технологічних процесів, а особливо процесів ПД, необхідна автоматизація переміщення заготовки в міждисциплінарному просторі та позиціонування відносно інструменту при використанні їх параметричних моделей із збереженням параметрів між операціями, а також при зміні деформуючого інструменту. Це важливо, тому що при автоматизації зміни інструменту реалізується можливість оптимізації конструкції для вибору маршрутів деформування різними операціями.

При моделюванні процесів ПД виникають додаткові проблеми, пов'язані з особливостями самого процесу: необхідність моделювання різних варіантів схем завантаження заготовок, великих пластичних деформацій, зміни маршруту деформації, теплового режиму тощо. Особливістю процесів ПД є те, що при кожній наступній операції деформування положення заготовки змінюється за рахунок її обертання навколо однієї або двох осей у просторі, що в кінцевому підсумку забезпечує рівномірність розподілу властивостей за об'ємом заготовки. Побудова моделі процесу ПД, що включає 4-5 операцій деформування з постійним рухом інструменту та обертаннями заготовки, потребує побудови моделі системи CAE, яка на 1 операцію деформування включатиме 2-3 допоміжні кроки, при яких відбувається саме обертання заготовки і переміщення інструменту до нових положень. Ручна підготовка та налаштування такої складної моделі займає багато часу дослідника. Автоматизація побудови таких моделей дозволить отримати робочу модель з першої спроби з невеликими налаштуваннями.

Дослідження, що проводяться [1, 2], спрямовані на розробку структури ядра інтегрованої автоматизованої системи моделювання (АСМ). АСМ забезпечує збільшення функціональності систем CAD і CAE шляхом поєднання їх з декількома зовнішніми незалежними модулями. АСМ моделює технологічні схеми процесів інтенсивної пластичної деформації, поведінку матеріалів у процесах деформації та здешевлює вибір схеми та параметрів процесів деформації. Було розроблено об'єктно-орієнтоване програмне забезпечення для аналізу впливу різних початкових форм

заготовок і наборів штампів на зміни поперечного перерізу заготовки під час деформації. Програмне забезпечення написано мовою C# з використанням інтерфейсу WPF і структури сторінок головного вікна програми.

Використання параметричних моделей процесів дає можливість автоматизувати розрахунки в CAE-системах і генерувати 3D-геометричні моделі штампів в CAD-системах. Автоматизація дослідження процесів інтенсивної пластичної деформації зменшує витрати на дослідження. Імпорт та накопичення результатів розрахунків у системі CAE дозволило знайти оптимальні значення параметрів технологічних процесів ПД. Отримані на основі моделювання параметри деформаційних моделей є основою для побудови геометрії штампів в САПР з подальшою інтеграцією з CAE для розрахунку напружено-деформованого стану в об'ємі заготовки. Було запропоновано шляхи розширення програмних функцій для підтримки різних процесів інтенсивної пластичної деформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. O. Tarasov, D. Pavlenko, L. Vasylieva, V. Kotsyuba and Vadym Shkarupylo. Application of a systems engineering and SysML in the development of a universal die set for hydraulic presses (2024). In: 12th International Conference Information Control Systems & Technologies (ICST 2024). Odessa, Ukraine, September 23-25, 2024, pp. 435-445. CEUR-WS.org. <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper38.pdf>
2. Tarasov, O., Vasylieva, L., Altuhov, O., Pavlenko, D., & Tkach, D. (2023). Development of Integrated CAD/CAE Systems Based on Parameterization of the Simulated Process. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022, 679–691. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_56.

УДК 004.9:528

Удовенко С.Г.¹, Затхей В.А.², Тесленко О.В.²

¹ проф. Харківського національного економічного університету ім. С.

Кузнеця

² доц. Харківського національного економічного університету ім. С. Кузнеця

ТЕХНОЛОГІЯ ТЕСТУВАННЯ ВЕБ-САЙТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВОГО ФРЕЙМВОРКУ SITE-M

Серед найбільш значущих критеріїв вибору технології створення та тестування веб-сайтів слід відзначити: тип проекту; масштабність проекту; тривалість розробки; наявність доступних інструментів для розробки; гнучкість рішення; тенденції розвитку проекту; наявність детальної

документації; кросплатформеність; можливість інтеграції з існуючими аналогами рішень тощо.

Потужними засобами тестування створюваних веб-сайтів є застосування фреймворків (середовищ розробки для програмістів з готовими шаблонами та інструментами) та систем керування контентом CMS (Content Management System), призначених для організації веб-сайтів чи інших інформаційних ресурсів в Інтернеті або локальних комп'ютерних мережах. В загальному випадку системи CMS використовуються як готове рішення, де потрібно лише налаштувати контент, проте на основі фреймворку можна модифікувати CMS з урахуванням специфіки та функціональності проекту. Серед існуючих систем керування контентом заслуговує уваги система Sitecore CMS. Ця система використовує платформу ASP.NET і працює під управлінням сервісів IIS (Internet Information Services), що сприяє ефективності розробки веб-додатків.

В доповіді розглянуто питання оптимізації процесів тестування веб-сайтів з використанням запропонованого тестового фреймворку та засобів Sitecore CMS [1].

Відповідно до розглянутих сучасних технологій проведено аналіз найбільш ефективних інструментів тестування веб-сайтів [2]. Для створення тестового фреймворку було обрано наступний набір інструментів та мов програмування: мова програмування C#, середовище розробки Visual Studio, інструмент для UI тестування та взаємодії з веб елементами Selenium, BDD інструмент SpecFlow, Sitecore API бібліотека для можливості тестування функціональності з участю контент-менеджера.

Розроблено архітектуру тестового фреймворку Site-M, що містить такі модулі та шари:

- ядро Framework Core, що задає конфігурацію веб-драйвера, розширення для веб-драйвера та веб-елементу, конфігураційні класи тощо;
- шар SpecFlow Tests , що містить безпосередньо feature-файли та імплементацію кроків для них;.
- тестову модель фреймворку (TestModel), що складається з декількох шарів.

До тестової моделі включено:

- шар сторінок Page Objects, що дозволяє інкапсулювати роботу з елементами сторінки, зменшити розмір коду та полегшити його підтримку (наприклад, якщо дизайн однієї зі сторінок буде змінений, то достатньо буде лише переписати відповідний клас, що описує цю сторінку);
- шар Page Fragment, де розміщені класи, що описують присутні на сторінках компоненти;
- сервісний шар, що містить класи взаємодії з елементами сторінок та класи здійснення дають за перевірки;

– Sitecore шар, що відповідає за взаємодію з Sitecore API для тестування додатку з боку контент-менеджера.

На рис. 1 наведено загальну схему взаємодії модулів та шарів тестового фреймворку Site-M.

Для оптимізації процесу безперервного тестування використано концепцію безперервної інтеграції та доставки (CI/CD), яка реалізується як конвеєр, що дозволяє запускати різні типи тестів на кожному етапі (виконання інтеграції) і завершувати його запуском з розгортанням коду в фактичний продукт, який отримують кінцеві користувачі (виконання доставки). При цьому на виділеному CI сервері організується служба, до завдань якої входять: отримання коду з репозиторію; складання проєкту; виконання тестів; розгортання готового проєкту у тестовому середовищі; генерація та відправка звітів. Відзначимо такі переваги використання CI/CD процесу: оперативний прогін модульних тестів для актуальних змін; прискорення інтеграції; можливість роботи в ітеративному режимі з коротким циклом. Для налаштування CI/CD обрано інструмент безперервної інтеграції з відкритим вихідним кодом Jenkins, що надає можливість тестування коду в режимі реального часу, а також дозволяє отримувати звіти про окремі зміни в кодовій базі. На рис. 2 наведено схему реалізації концепції процесу CI/CD.

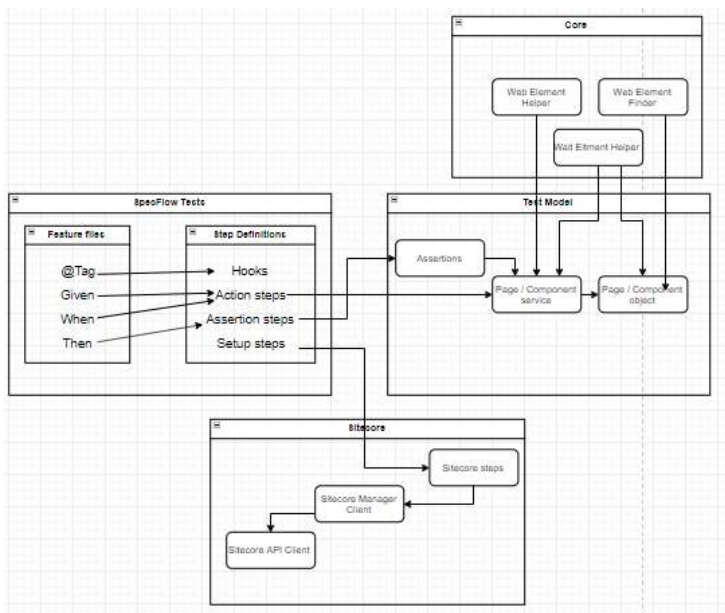


Рисунок 1 – Схема взаємодії модулів фреймворку Site-M

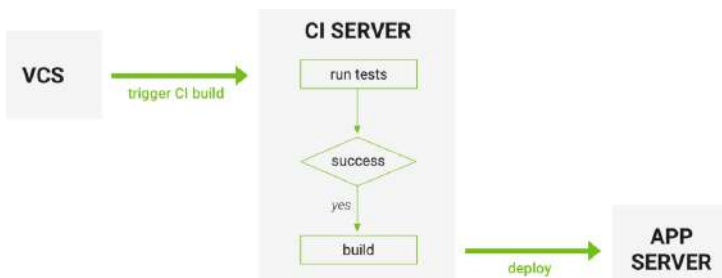


Рисунок 2 – Схема реалізації концепції CI/CD

Наведено результати моделювання системи Site-M, що підтверджують доцільність її використання для розробки масштабних веб-сайтів з урахуванням потреб цільової аудиторії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sitecore content authoring (2019) [Online]. Available: <https://doc.sitecore.com/users/92/sitecore-experience-platform/en/content-authoring.html>.
2. Тер-Карапелянц, Т., Удовенко, С. (2020). Автоматизація процесів тестування веб-сайтів на платформі Sitecore // Матеріали міжн. науково-практичної конференції "Інформаційні технології та системи": тези доповідей, 10-11 квітня 2020 р. – Х.:ХНЕУ ім. С. Кузнеця, С. 29.

УДК 004.67

Kharytonov Danylo¹

¹ student of group KNT-151, National University «Zaporizhzhia polytechnic»

ETHICS IN DATA SCIENCE: BALANCING INNOVATION WITH RESPONSIBILITY

In recent years, data science has become a powerful tool for business, healthcare, education, and countless other fields. However, with the power to analyze and predict comes the responsibility to consider ethical implications. Ethics in data science, as discussed by experts like McKinsey, Stanford researchers, and publications on data science ethics, brings into focus three main challenges: data privacy, algorithmic bias, and societal impact. This article will delve into these ethical concerns and offer practical guidelines for data scientists to navigate this complex field.

One of the foundational ethical issues in data science is data privacy. Data scientists often work with sensitive personal information, whether in healthcare,

social media, or customer analytics. The potential for misuse or mishandling of this data is significant, and organizations are increasingly held accountable for privacy breaches, as we see from regulations like the General Data Protection Regulation (GDPR) in Europe.

Ensuring data privacy means more than just securing datasets—it requires data scientists to consider whether they have the right to access and analyze specific types of information. Stanford University’s ethics in data science research emphasizes the importance of limiting access to personally identifiable information (PII) and using data anonymization techniques whenever possible. Data scientists should be proactive in implementing data minimization practices, ensuring they only collect and analyze data necessary for a specific purpose.

Moreover, privacy also extends to transparency. Users should have clear information about how their data will be used, allowing them to give informed consent. This level of transparency not only builds trust but is increasingly becoming a regulatory requirement.

Algorithmic bias is another significant ethical issue in data science. Algorithms learn from historical data, and if that data contains biases—such as gender, racial, or socioeconomic inequalities—the algorithm may perpetuate or even amplify these biases in its predictions. For example, a hiring algorithm trained on historical hiring data might favor male candidates if men were predominantly hired in the past, or a lending algorithm could disadvantage certain demographic groups based on biased credit data.

McKinsey points out that data scientists must actively seek to understand and mitigate bias in their algorithms. One method is to scrutinize training data and ensure it represents diverse and balanced perspectives. Another approach is to run bias tests on algorithmic outcomes, identifying any disparities in predictions for different groups. This can help data scientists fine-tune models to minimize unfair biases.

An important practice in addressing algorithmic bias is the use of fairness metrics. These metrics help measure if an algorithm’s predictions are equitable across different demographic groups. Techniques such as reweighting or data augmentation can also help correct bias in datasets. However, it’s crucial to recognize that addressing bias is not a one-time task; it requires continuous monitoring and updates as new data and societal norms evolve.

Data science has the potential to shape societal norms, influence public opinion, and alter individual behaviors. For instance, recommendation algorithms on social media platforms can reinforce certain viewpoints or promote sensational content, which can influence public opinion and contribute to societal polarization. Similarly, predictive policing algorithms can impact law enforcement practices and potentially lead to discriminatory practices if not carefully designed and monitored.

Stanford's research underscores that data scientists need to anticipate the potential societal impacts of their models and consider unintended consequences. This involves asking tough questions about the purpose and reach of their projects. For instance, does an algorithm potentially harm specific communities? Is there a risk of creating dependencies or reinforcing negative behaviors?

Practically, data scientists can use “impact assessments” to evaluate the societal implications of their projects. These assessments encourage teams to think about long-term effects on individuals, communities, and even global scales. Establishing review boards or ethics committees within organizations is also becoming a standard practice to oversee the development and deployment of high-stakes data-driven applications.

To address these ethical challenges, data scientists can follow several best practices:

- Adopt a Privacy-First Mindset: Only collect and use data that is necessary for the task, and employ techniques like anonymization to protect users' privacy;
- Actively Identify and Mitigate Bias: Scrutinize datasets for historical biases and continuously monitor model outputs to identify any unfair treatment of certain groups;
- Assess Societal Impacts: Consider the broader effects of algorithms on society. Think about the consequences of deploying models and consult with diverse stakeholders for perspectives;
- Ensure Transparency and Accountability: Be open about data collection, usage, and algorithmic decision-making processes. Transparency helps build trust and ensures that users understand how their data is being used;
- Stay Informed on Ethical Standards and Legal Compliance: Regulations around data privacy and ethics are constantly evolving. Data scientists should stay up-to-date on current laws, industry standards, and best practices in ethical AI and data science.

Ethics in data science is not simply about following rules but rather about making thoughtful decisions that balance innovation with responsibility. Data scientists hold immense power in shaping technologies that touch every aspect of life, from healthcare to finance and beyond. By addressing data privacy, reducing algorithmic bias, and considering the societal impact of their work, data scientists can ensure that their innovations benefit society as a whole, rather than perpetuating harm or inequality.

REFERENCES

1. McKinsey & Company. (n.d.). Data ethics: What it means and what it takes. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/data-ethics-what-it-means-and-what-it-takes>

2. Bing. (n.d.). Ethics in Data Science. Retrieved from https://www.bing.com/search?pglt=515&q=Ethics+in+Data+Science&cvid=b277cbdc5fc74ccb07682c558c34e6c&gs_lcrp=EgRIZGdlKgYIABBFgDkyBggAEEUYOTIGCAEQABhAMgYIAhAAGEAyBggDEAAyQDIGCAQQABhAMgYIBRAAGEAyBggGEAAyQDIGCAcQABhAMgYICBAAGEDSAQc2MTBqMGoxqAIAaAIA&FORM=ANNTA1&PC=U531

3. Stanford University. (n.d.). Ethics and Data Science. Retrieved from <https://datascience.stanford.edu/research/research-areas/ethics-and-data-science>

4. Laan, M. J. van der, & Heller, G. Z. (2022). Ethical considerations in data science: A systematic literature review. *Journal of Statistical Theory and Practice*, 16(2), 1-14. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01621459.2022.2163898>

УДК 004.8

Ховрат А.В.¹, Кобзев В.Г.²

¹ асп. Харківського національного університету радіоелектроніки

² проф. Харківського національного університету радіоелектроніки

ДВОШАРОВА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЙ СФАБРИКОВАНИХ ДАНИХ В СОЦІАЛЬНО ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМАХ

Проблема виявлення сфабрикованої інформації в системах, де між собою взаємодіють багато користувачів, наприклад, у соціальних мережах, усе частіше розглядається як в академічній, так і у правовій сферах [1]. Це пов'язано з розвитком технологій генерації та загальним збільшенням інформаційного навантаження на індивіда. У критичних ситуаціях при соціальних зсувах, дані подібного роду здатні суттєво зашкодити окремо кожній людині, так і соціуму загалом. З метою уникнення суб'єктивної оцінки сприйняття інформації, є доцільним розглядати залучення засобів інтелектуального аналізу даних. Особливості реалізації тих чи інших підходів прямо залежать від характеру даних, які розглядаються. У рамках чинної роботи було вирішено обмежитися лише текстовими новинами. Це пов'язано з тим, що на момент проведення дослідження, відсутні інструменти створення достовірних, з точки зору людського ока, відео підробок. У той же час аудіо інформація мало поширена в соціальних мережах.

При класифікації текстових даних найбільш популярними є три ключових підходи [2]:

- використання ймовірнісних моделей, наприклад, наївний Байєсів класифікатор, ланцюги Маркова, Баєсові мережі тощо;
- використання нейронних мереж, наприклад, рекурентні чи згорткові мережі, трансформери чи інші глибинні моделі штучного інтелекту;

- використання наївних поліноміальних моделей, наприклад, із залученням лінійної адитивної згортки з ваговими коефіцієнтами та певним обмежувальними значенням.

У попередніх роботах, присвячених бінарній класифікації даних на достовірні та сфабриковані вже розглядалися ймовірнісні моделі та алгоритми із залученням різноманітних нейронних мереж [3, 4]. Результати показали, що однією із найбільш ефективних з точки зору точності та швидкодії є гібридна мережа, яка поєднує у собі рекурентні та згорткові можливості – RCNN. Окрім цього було виявлено, що однією з проблем при дослідженні подібного розмежування інформації є визначення ступеня важливості фейку. Зокрема, деякі тексти можуть носити відкрито гумористичний характер, який прямо сприймається людиною. Відповідно, суспільна шкода цих даних відсутня. У той же час новини спрямовані на дискредитацію тих чи інших важливих для соціуму законодавчих ініціатив – мають суттєвий рівень небезпеки.

Враховуючи зазначене вище, у рамках чинної роботи було вирішено сформувати набір класів фейкової інформації, які слугуватимуть базисом для проведення класифікації відсіяних за допомогою RCNN даних. Таким чином буде сформовано двошарова модель виявлення сфабрикованих новин з метою визначення найбільш ефективного підходу до розмежування подібних даних. Задля виконання поставленої мети було виокремлено перелік завдань:

- проведення експертного оцінювання та аналізу предметної галузі для визначення базових класів фейкової інформації;
- формування моделі моделей розбиття даних на групи за допомогою залучення наївного Байєсового класифікатора;
- проведення експериментальної перевірки запропонованої двошарової моделі у порівнянні з RCNN підходом.

Першим кроком вирішення завдання мультикласифікації є визначення основних класів дезінформації. Для визначення списку було вирішено залучити експертну групу з 100 аналітиків даних з різних країн Європи та Північної Америки. У результаті був складений список з 10 найпоширеніших категорій. Після цього було проведено відкрите опитування щодо виявлення найбільш вразливих видів фальсифікацій інформації. Зведені відповіді 300 учасників були використані для формування цих визначених груп:

- жарти з об'єктивно визначеними проявами;
- жарти з контекстуальними чи граматичними проявами;
- новини, орієнтовані на окремих осіб або невеликі групи;
- новини, орієнтовані на кілька регіонів, країн або великих груп;
- новини, орієнтовані на кілька країн або суспільство загалом.

Визначивши ознаки фейкової інформації, можна переходити до розробки набору характеристик, які будуть служити вхідними значеннями

для моделей. Першим таким показником є «Емоційна характеристика», яка виводиться на основі принципів контент-аналізу [5].

Крім цієї характеристики було вирішено розглянути ще 3 додаткові:

- індекс підозрілості: визначається за допомогою обчислення нормалізованої кількості слів із пов'язаного фейкового списку;

- вага повідомлення: дані будуть розділені на чотири групи: фрагменти домашнього діалогу, загальні новини, інформація про надзвичайні події та новини особливої важливості.

- індикатор дезінформації: визначається за допомогою 100 найпопулярніших статей новин, пов'язаних із вибраною темою, із застосуванням розпаралеленої версії алгоритму Apriori.

Після розгляду ключових характеристик можемо перейти до обговорення моделей, які використовуються для класифікації – RCNN. Ця модель поєднує кілька згорткових нейронних мереж, здатних працювати паралельно, з двонаправленою рекурентною мережею, яка підтримує як короткочасну, так і довготривалу пам'ять. У підході використовуються гіперболічні тангенси та сигмоїди, ефективно вирішуючи проблеми зникаючого та вибухового градієнтів шляхом обмеження діапазону результуючих значень. Крім того, визначена модель дозволяє врахувати історичний контекст у повній мірі. Графічно її можна подати за допомогою схеми наведеної на Рисунок 1.

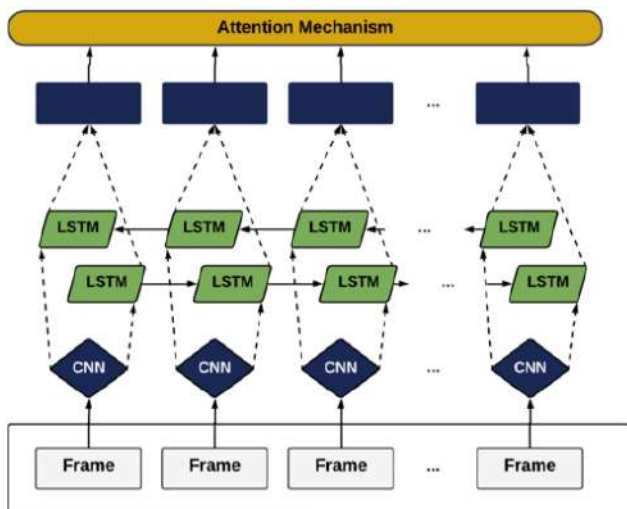


Рисунок 1 – Схематичне зображення архітектури RCNN.

Суть наївного Байєсового класифікатора полягає в застосуванні теореми Байєса для встановлення ймовірності належності спостереження до певного класу, припускаючи незалежність між змінними. Для підвищення ефективності даного підходу було вирішено розширити кількість показників на основі попередніх досліджень:

- співвідношення риторичних конструкцій до кількості речень;
- співвідношення негативних конструкцій до кількості речень;
- співвідношення вставних конструкцій до кількості речень.

Перейдемо до визначення експериментального середовища. Після проведення експертної оцінки серед 50 спеціалістів у сфері аналізу даних з України, Польщі, Австрії, Португалії та США ключовими критеріями ефективності були обрані такі показники:

- точність, визначена за допомогою показників Precision і Recall з коефіцієнтом важливості 16;
- економія часу цільового алгоритму з коефіцієнтом важливості 2;
- збереження мінімально допустимої кількості цільових даних для досягнення «точності» більше 80% з коефіцієнтом важливості 2.

Що стосується наборів даних, було вирішено обрати новини присвячені повномасштабному вторгненню Росії в Україну та поширення неправдивих відомостей під час виборчого процесу 2020 року в США. Описані набори даних були сформовані авторами роботи за допомогою соціальної мережі X.

Результати проведеного експерименту показали, що точність запропонованого підходу приблизно на 17% вища за точність базового рішення на основі нейронних мереж. Не зважаючи на те, що швидкодія простого RCNN більша за двошаровий підхід, рівень збереження мінімально допустимої кількості даних для досягнення «точності» більше 80%, дозволяє досягнути ефективності, яка суттєво більша за модель для порівняння.

Дослідження мало на меті створити двошарову модель класифікації даних, яка, окрім визначення факту фабрикації, могла б також оцінити ступінь і мету фальсифікації даних. Результати показали, що підхід із використанням двошарової моделі досягав у середньому 15% покращення ефективності порівняно з прямим використанням методу RCNN. Цей висновок підкреслює потенціал гібридного підходу для використання в системах з високим навантаженням, де швидка ідентифікація та відповідь на сфабриковану інформацію є вирішальними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. E. Aïmeur, S. Amri and G. Brassard, «Fake news, disinformation and misinformation in social media: a review», *Social Network Analysis and Mining*, vol. 13, article 30, 2023. Accessed: Nov 8, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s13278-023-0102>

2. D. D. Giandomenico, J. Sit, A. Ishizaka and D. Nunan, «Fake news, social media and marketing: A systematic review», Journal of Business Research, vol. 124, pp. 329–341, 2021. Accessed: Nov 8, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.037>.

3. S. Yakovlev, A. Khovrat, V. Kobziev and D. Uzlov, «Decision Support Algorithm in the Development of Information Sensitive Socially Oriented Systems», in ProfIT AI, Cambridge, USA, Sep. 25–27, 2027. CEUR Workshop Proceedings, 2024, pp. 315–326. Accessed: Nov 8, 2024. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3777/paper20.pdf>.

4. S. Yakovlev, A. Khovrat and V. Kobziev, «Using Parallelized Neural Networks to Detect Falsified Audio Information in Socially Oriented Systems», in Information Technology and Implementation, Kyiv, Ukraine, Nov. 20–21, 2023. CEUR Workshop Proceedings, 2023, pp. 220–238. Accessed: Nov 8, 2024. [Online]. Available: https://ceur-ws.org/Vol-3624/Paper_19.pdf.

5. A. Choudhary and A. Arora, «Linguistic feature based learning model for fake news detection and classification», Expert Systems with Applications, vol. 169, article 114171, 2021. Accessed: Nov 8, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114171>.

УДК 004.8

Чала Л.Е.¹, Черкасов М.М.²

¹ доц. Харківського національного університету радіоелектроніки

² студ. гр. СШІздм-23 Харківського національного університету радіоелектроніки

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОСОБИСТИМИ ФІНАНСАМИ

У сучасному світі, де фінансові ринки та технології стрімко розвиваються, управління особистими фінансами стає все більш складним завданням. Збільшення обсягів фінансових даних та інформаційне перевантаження вимагають від індивідів нових підходів до планування та контролю своїх ресурсів. Машинне навчання, як інструмент аналізу великих масивів даних, пропонує інноваційні рішення для підвищення ефективності управління особистими фінансами [1].

Традиційні методи управління фінансами часто не враховують індивідуальних особливостей користувачів та не здатні оперативно адаптуватися до змін у фінансовій поведінці. Люди стикаються з труднощами в плануванні бюджету, контролі витрат та прийнятті інвестиційних рішень. Відсутність персоналізованих рекомендацій може призвести до фінансових втрат та зниження добробуту.

Задача полягає у розробці алгоритмів машинного навчання, які зможуть аналізувати індивідуальні фінансові дані, виявляти патерни та тенденції, а також надавати персоналізовані рекомендації. Це включає створення моделей для прогнозування доходів та витрат, оптимізації бюджету та підтримки прийняття рішень щодо інвестицій.

З розвитком цифрових технологій та збільшенням доступу до фінансових інструментів потреба в ефективному управлінні особистими фінансами стає надзвичайно актуальною. Машинне навчання може суттєво підвищити точність та швидкість аналізу, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих фінансових рішень.

На ринку вже існують додатки та сервіси, такі як Mint, Personal Capital та YNAB, які допомагають користувачам відстежувати свої фінанси. Однак більшість цих рішень обмежені у своїй функціональності та не пропонують глибокого персоналізованого аналізу.

Mint є одним з найпопулярніших додатків для управління особистими фінансами, який використовує елементи машинного навчання для покращення користувацького досвіду. Зокрема, тут використовуються алгоритми класифікації для автоматичного розподілу витрат на різні категорії без необхідності ручного введення даних. Машинне навчання допомагає ідентифікувати нетипові транзакції або підозрілі дії, що може служити сигналом для можливого шахрайства або помилок у записах. Алгоритми Mint прогнозують майбутні витрати та доходи з урахуванням історичних даних.

Personal Capital спеціалізується не лише на управлінні витратами, але й на інвестиціях та плануванні пенсій. Алгоритми цього додатку аналізують ринкові дані та поведінку користувачів, щоб надавати персоналізовані рекомендації щодо інвестиційних стратегій та оптимізації портфеля. Використовуються моделі машинного навчання для прогнозування майбутніх фінансових показників, пропонують поради оптимізації витрат та інвестування.

YNAB орієнтований на активне управління бюджетом та контроль витрат. Цей додаток використовує алгоритми класифікації для автоматичного розподілу витрат за категоріями. Машинне навчання допомагає прогнозувати майбутні витрати на основі історичних даних, що дозволяє користувачам краще планувати свій бюджет. Алгоритми YNAB аналізують поведінку користувача та надають їм відповідні рекомендації.

В доповіді пропонується створити інтегровану систему «Personal finance», яка використовує сучасні алгоритми машинного навчання для детального аналізу фінансової поведінки користувача. Система має адаптуватися до змін у доходах та витратах, пропонувати оптимальні стратегії бюджетування та інвестування, а також виявляти потенційні

фінансові ризики. Використання нейронних мереж та методів глибинного навчання має забезпечити високу точність прогнозів та рекомендацій [2].

Для конкретної реалізації інтегрованої системи, яка використовує передові алгоритми машинного навчання для детального аналізу фінансової поведінки користувача, необхідно здійснити кілька ключових етапів. Перш за все, слід зібрати та інтегрувати різноманітні джерела даних, включаючи банківські транзакції, дані про доходи та витрати, додаткову інформацію, таку як кредити, інвестиції та фінансові цілі користувача. Важливо забезпечити безпеку та конфіденційність даних, впровадивши сучасні методи шифрування та аутентифікації.

Наступним кроком є обробка та попередній аналіз зібраних даних. Це включає очищення даних від помилок та пропусків, нормалізацію значень, а також трансформацію даних у формат, зручний для подальшого аналізу. Використовуючи методи машинного навчання, такі як кластеризація та зниження розмірності, можна виявити основні патерни та тенденції у фінансовій поведінці користувачів. Після підготовки даних необхідно вибрати відповідні моделі машинного навчання, які найкраще підходять для вирішення поставлених задач. Це можуть бути алгоритми класифікації для категоризації транзакцій, регресійні моделі для прогнозування доходів та витрат, а також нейронні мережі для виявлення складних закономірностей у даних.

Після навчання моделі слід інтегрувати їх у реальну систему, забезпечивши їхню безперебійну роботу та швидкий час відгуку. В доповіді запропоновано варіант розробки ефективної архітектури програмного забезпечення цієї системи, що дозволяє обробляти великі обсяги даних в режимі реального часу. Наведено опис інтуїтивно зрозумілого та зручного інтерфейсу користувача запропонованої системи. Система містить механізми зворотного зв'язку та самонавчання, що дозволяють покращувати моделі на основі нових даних та змін у фінансовій поведінці користувачів. Слід відзначити забезпечення масштабованості та надійності системи.

Наведено результати моделювання системи «Personal finance» та її маркетингового аналізу, що враховує потреби цільової аудиторії та пропонує стратегію просування та підтримки системи.

Розробка та впровадження розглянутих алгоритмів машинного навчання в управління особистими фінансами з використанням системи «Personal finance» може значно покращити фінансовий стан користувачів. Це сприятиме підвищенню їх фінансової грамотності, оптимізації витрат та досягненню довгострокових фінансових цілей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson. [Online]. Available: <https://dl.ebooksworld.ir/books/Artificial.Intelligence.A.Modern.Approach.4th.Edition.Peter.Norvig.%20Stuart.Russell.Pearson.9780134610993.EBooksWorld.ir.pdf> [Accessed: October 19, 2024].
2. Hull, J. (2018). Options, Futures, and Other Derivatives (10th ed.). Pearson. [Online]. Available: https://books.google.com.ua/books/about/Options_Futures_and_Other_Derivatives.html?id=vpIYvgAACA&redir_esc=y [Accessed: October 19, 2024].

УДК 620.91: 330.567.4

Чорний К. П.¹, Горбенко В. І.²

¹ студ. гр. 8.1213, Запорізький національний університет

² проф., Запорізький національний університет

РОЗРОБКА БІБЛОТЕКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ НА ПЛАТФОРМІ АРАСНЕ SPARK МОВОЮ JAVA

Сучасні задачі аналізу даних є доволі складними та громіздкими. Дані які потрібно проаналізувати можуть мати будь-який вигляд (починаючи від звичайних текстових форматів, до більш складних як медичні дані, чи просторові дані). Окрім складності вигляду даних, операції які проводяться над даними також можуть бути доволі складними, витрачати багато ресурсів та часу. Обидві проблеми можна вирішити через розподілення роботи. Якщо процес перетворення даних буде виконувати не один процесор, а одразу декілька, швидкість перетворення виросте в декілька разів. Для розподілення обробки даних існують так звані двигуни обробки даних. Найбільш популярний — це Apache Spark [1].

Apache Spark — це паралельний двигун обробки даних розроблений спеціально для обробки великих масивів даних. Двигун написаний на Scala, проте має багато API для багатьох мов програмування як: Python, R, Java, C#.

Apache Spark підтримує кластерну модель для паралельного обчислення. В кластері може бути багато вузлів які будуть виконувати роботу, проте обов'язково має бути вузол який буде виступати у ролі диригенту який буде розподіляти роботу поміж робочими вузлами, та отримувати результат роботи з вузлів.

Spark складається з декількох модулів: Spark SQL and DataFrames, Spark Streaming, Spark Mllib, Spark GraphX

Spark SQL and DataFrames [2] — це модуль двигуна для роботи зі структурованими даними. Використання цього модуля дозволяє

використовувати SQL мову для написання запитів для маніпуляції структурованими даними. Модуль підтримує уніфіковану систему доступу для даних. Це означає що провайдери даних можуть бути різними, як: Apache Hadoop, JSON, JDBC, проте засоби якими можна маніпулювати даними завжди працюватимуть однаково для всіх типів структурованих даних. В модулі присутній оптимізатор який аналізує SQL запити, та може за потреби змінити їх на більш оптимізовані щоб зменшити навантаження на кластер. Якщо інженер даних не хоче писати SQL код напряду, для цього існує DataFrame. DataFrame — це розподілена колекція як і RDD, проте має більше вбудованих методів для більш гнучкого аналізу даних. В сучасному використанні Apache Spark краще використовувати DataFrame аніж RDD.

Spark Streaming [3] — це модуль який надає функціонал обробки даних з певного джерела по потокам. Дані які надходять в потоки можуть бути з будь-якого джерела даних. Пайплайн обробки даних може бути таким самим складним як і в статичній обробці даних, при цьому не буде ніяких просадок в швидкості обробки даних. Модуль приймає дані в асинхронному порядку, збирає їх певну кількість щоб заповнити буфер, відправляє їх на обробку в іншому потоці, а сам повертається накопичувати дані для наступної обробки.

Spark Mllib [4] — це модуль який відповідає за машинне навчання та іншого роду схожі алгоритми. Ціль цього модуля — це полегшити створення практичних мережей машинного навчання та тренувати їх швидше в паралелі. Модуль надає стандартні алгоритми машинного навчання як: класифікація, кластеризація та регресія. Також присутні стандартні для цього роду методи очищення даних, фільтрації та перетворення даних. Деякі моделі яка знаходяться в цьому модулі підтримують збереження та завантаження з диску. Це зручно в ситуаціях коли розроблена модель була протестована на слабкому комп'ютері, та готова для навчання на більш потужному кластері.

Spark GraphX [5] — це модуль який додає функціонал графів в двигун. Граф є абстракцією над RDD, тому всі операції проводяться в паралелі. Оскільки вершини графа є доволі простими структурами даних, то перенесення даних з одного фреймворку до Apache Spark доволі проста задача.

Apache Spark — це доволі потужний та зручний інструмент обробки даних. В ньому присутня велика кількість вбудованих модулів обробки даних що робить його легким у використанні прямо з коробки.

Не дивлячись на те що модулі Apache Spark є доволі різноманітними, в них все рівно відсутні певні примітивні речі які мали б існувати. Окрім цього вже існуючі модулі написані на Scala. Це не є їх головним мінусом, проте їх використання з Java коду доволі заплутане та в багатьох випадках потребує знань Scala.

Мета цієї роботи - розробити класи які б допомагали інженерам даних швидше проводити маніпуляції над даними. Таким чином інженера більше часу зосередять саме на обробці даних а не створенні класів допоміжників для маніпуляції з даними.

Класи мають бути розділені по “package” для більшого розуміння того який клас за що відповідає. Наприклад може бути присутнім пакет “math” чи “strings” в якому будуть присутні класи які допоможуть інженеру даних в побудові пайплайну.

В пакеті математики може бути присутнім клас який відповідає за математичну матрицю та різного роду дії над нею. Підпакети пакету математики можуть відноситися до класів як допоміжні класи для основних функцій цього пакету.

Клас матриці відповідає за збереження матриці та відповідні дії над нею. Діями може бути додавання, віднімання або множення матриць. Також мають бути присутніми методи для створення матриці як з двовимірного чи одновимірного масиву. Для проведення маніпуляцій над матрицями використовується Apache Spark. Кожна з вищезазначених операцій проводиться паралельно на декількох машинах для того щоб пришвидшити час виконання операції. Для проведення самих операцій над матрицями, самі матриці мають бути розділені на частини для проведення операцій. Для додавання чи віднімання це просте додавання чи віднімання рядків матриць між собою. Для множення ця задача стає складнішою, оскільки там декілька разів проходять по рядкам та стовпцям матриць щоб отримати правильний результат.

Розробка бібліотеки для оптимізації обробки великих даних на платформі Apache Spark мовою Java є важливою задачею для підвищення продуктивності. Бібліотека знижує час на створення пайплайну обробки даних завдяки розробленим класам які присутні в бібліотеці. Вона забезпечує високу масштабованість та продуктивність на розподілених системах. Написані класи бібліотеки спрощують інтеграцію та використання у проєктах. Використання Apache Spark дозволяє адаптувати бібліотеку під конкретні завдання. Бібліотеку можна продовжувати розвивати додаючи нові класи які б допомогли інженерам даних швидше створювати пайплайни для обробки даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_Spark
2. <https://spark.apache.org/sql/>
3. <https://spark.apache.org/streaming/>
4. <https://spark.apache.org/mllib/>
5. <https://spark.apache.org/graphx/>

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕДИЧНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ

Сучасні виклики у сфері охорони здоров'я, включаючи необхідність надання медичних послуг на відстані, обумовлюють важливість використання телемедичних технологій. Відеозв'язок дозволяє лікарям проводити консультації, не обмежуючись фізичною присутністю пацієнта, що є критично важливим для пацієнтів у віддалених регіонах або під час епідеміологічних загроз. Впровадження відеозв'язку в медичні комунікаційні системи підвищує якість обслуговування, забезпечує зручність для пацієнтів та оптимізує використання ресурсів медичних установ [0][0].

Метою цього дослідження є розробка функціоналу відеозв'язку для медичних комунікаційних застосунків та оцінка його впливу на оптимізацію медичних ресурсів.

Основні задачі:

- інтеграція функції відеозв'язку: Розробка і впровадження функції відеозв'язку в медичний застосунок для забезпечення можливості дистанційної консультації між лікарями та пацієнтами;
- забезпечення стабільності і безпеки комунікацій: Необхідно забезпечити стабільний відеозв'язок з високою якістю передачі даних і захистом персональних медичних даних;
- оптимізація медичних ресурсів: Використання відеозв'язку для скорочення витрат на логістику та обслуговування пацієнтів у стаціонарі, що дозволяє ефективніше розподіляти час та ресурси медперсоналу.

Відеодзвінки між лікарями та пацієнтами. Лікарі можуть ініціювати відеодзвінки з пацієнтами для проведення дистанційних консультацій. Це дозволяє забезпечити індивідуальний підхід до пацієнта без потреби у фізичній присутності. Пацієнти отримують сповіщення про заплановану відеоконсультацію з можливістю прийняття або відхилення дзвінка.

Стабільність і якість відеозв'язку. Відеозв'язок забезпечується за допомогою сучасних протоколів передачі даних (WebRTC або подібних технологій), що гарантує високу якість відео та аудіо без значних затримок навіть за умови використання нестабільного інтернет-з'єднання. Це дозволяє проводити відеоконференції в реальному часі, не перериваючи консультаційний процес.

Безпека комунікацій. Для забезпечення конфіденційності медичних даних під час відеоконференцій впроваджено шифрування даних та автентифікацію користувачів. Це гарантує, що жодна стороння особа не зможе отримати доступ до приватної комунікації між лікарем і пацієнтом [0][0].

На етапі проміжного тестування було впроваджено основний функціонал відеодзвінків між лікарями та пацієнтами. Відеозв'язок забезпечував стабільну якість, а захищені канали передачі даних відповідали вимогам конфіденційності. Тестування на невеликій групі пацієнтів показало, що функціонал сприяє покращенню якості дистанційного медичного обслуговування та зменшенню потреби в фізичній присутності пацієнтів у медичних установах.

Підсумкове впровадження відеозв'язку значно підвищує ефективність роботи медичних установ. Оптимізація використання ресурсів проявляється через можливість одночасної обробки більшої кількості пацієнтів без фізичного навантаження на медперсонал. Крім того, пацієнти отримують можливість оперативної консультації, що підвищує рівень їх задоволення та покращує загальний процес надання медичних послуг.

Інтеграція відеозв'язку в медичні комунікаційні застосунки є ефективним рішенням для оптимізації медичних ресурсів та забезпечення доступу до медичних послуг. Це дозволяє лікарям зосередитися на дистанційних консультаціях, що знижує навантаження на стаціонарні медичні заклади та сприяє підвищенню якості обслуговування пацієнтів. Подальші дослідження спрямовані на покращення технології відеозв'язку та інтеграцію додаткових інструментів для аналізу даних під час відеоконсультацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «7 Key Benefits of Video Conferencing in Healthcare Sector». URL: <https://zoapi.com/blog/role-of-video-conferencing-in-healthcare/> (дата звернення: 23.09.2024);
2. «Challenges in the Implementation of Telemedicine». URL: https://journals.lww.com/jicc/fulltext/2022/12040/challenges_in_the_implementation_of_telemedicine.6.aspx (дата звернення: 23.09.2024);
3. «HIPAA-Compliant Video Conferencing for Telemedicine». URL: <https://www.oxagile.com/article/solving-hipaa-compliance-for-telemedicine-video-conferencing/> (дата звернення: 24.09.2024);
4. «HIPAA Compliant Video Conferencing API: Complete Guide for Telehealth Video Calls In Your App». URL: <https://www.videosdk.live/blog/hipaa-compliant-video-conferencing-api> (дата звернення: 24.09.2024).

6 СЕКЦІЯ «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА УПРАВЛІННЯ»

УДК 519.7:004

Бакурова А.В.¹, Білий В.В.²

1 проф. НУ «Запорізька політехніка»

2 асп. НУ «Запорізька політехніка»

ОРГАНІЗАЦІЯ АНАЛІЗУ БАГАТОВИМІРНИХ ДАНИХ В СИСТЕМІ ФІКСАЦІЇ РУЙНУВАНЬ ВНАСЛІДОК РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

Війна в Україні призвела до масштабних руйнувань у різних частинах нашої держави, що вимагає структурованого підходу до документування, аналізу та планування відновлення. Для допомоги у процесі прийняття рішень була розроблена інформаційно-аналітична система фіксації руйнувань, що надає всебічний огляд інформації про пошкоджені об'єкти на різних рівнях: регіональних, районних та на рівні територіальних громад. Основні структурні елементи розробленої інформаційно-аналітичної системи були представлені в роботі [1].

Аналіз взаємопов'язаних даних інформаційної мережі охоплює кілька технологічних областей, серед яких вагоме місце належить технології OLAP (онлайн-аналітична обробка), що забезпечує багатовимірний і багаторівневий аналіз великого обсягу даних, забезпечуючи візуалізацію агрегованих даних у різних ракурсах. У статті [2] надається огляд щодо основних застосувань технології OLAP в аналізі багатовимірних даних інформаційних мереж. OLAP включає три основні операції:

- узагальнення даних на вищих рівнях агрегації;
- перехід до більш детальних рівнів даних;
- вибір і аналіз даних з різних точок зору.

Системи OLAP розроблені для виконання складних аналітичних запитів і, як такі, пропонують ряд функцій, які часто недоступні в інших системах. Деякі з цих функцій включають:

Можливості розділення, що дозволяє користувачам досліджувати дані з різних точок зору та в різних вимірах.

Природна навігація: підтримує інтуїтивно зрозумілу навігацію через ієрархії елементів у багатовимірній моделі.

Міри агрегації: підтримує різні агрегації, такі як сума, мінімум, максимум, початкові, кінцеві значення тощо.

Однією з відомих технологій для реалізації рішення онлайн-аналітичної обробки багатовимірних даних є куб OLAP [3-5].

Тому для організації аналізу багатовимірних даних в розробленій інформаційно-аналітичній системі було використано технологію OLAP-куб,

що слугує для керування даними про кількість пошкоджених об'єктів та оціночні витрати на їх відновлення в робочому масштабі.

Для оцінки ситуації з різних сторін розроблений OLAP-куб охоплює наступні виміри (dimensions):

Часові виміри. OLAP-куб включає часові виміри, такі як день, тиждень і місяць, що дозволяє проаналізувати тенденції пошкоджень у різні періоди.

Категорія об'єкта. Пошкодження класифіковані за трьома основними категоріями: «Житловий фонд», «Нежитловий фонд» та «Природні ресурси». Кожна категорія допомагає визначити, які типи інфраструктури постраждали найбільше.

Тип об'єкта. Конкретні типи в кожній категорії додають деталізації. Наприклад, у категорії «Житловий фонд» є багатоповерхові будинки, приватні будинки та гуртожитки; у категорії «Нежитловий фонд» - об'єкти критичної інфраструктури, адміністративні будівлі, бізнес-центри тощо; у категорію «Природні ресурси» включено ліси, поля та водні ресурси.

Географічне положення. OLAP-куб охоплює кілька географічних вимірів в межах України, таких як регіон, район і територіальна громада. Ця структура допомагає локалізувати та категоризувати пошкодження за адміністративними поділами.

Рівень пошкодження. Система розрізняє незначні, середні та повні руйнування, надаючи уявлення про ступінь пошкодження об'єктів.

Метрики OLAP-кубу (measures):

Кількість пошкоджених об'єктів - ця метрика визначає масштаби руйнувань у кожному вимірі, що дозволяє краще розуміти вплив на інфраструктуру.

Вартість відновлення - ця метрика оцінює фінансові витрати на відбудову пошкодженої інфраструктури. Поєднуючи цю метрику з географічними та категорійними вимірами, система допомагає пріоритизувати розподіл фінансування та планування ресурсів.

OLAP-куб є безпосередньою частиною розробленої інформаційно-аналітичної системи та був реалізований засобами PHP фреймворку Laravel [6], як і інші модулі. Laravel є безкоштовним, з відкритим кодом та призначений для розробки вебдодатків відповідно до шаблону model-view-controller. Він має ряд переваг, до яких відносяться: модульна система упакування з виділеним менеджером залежностей Composer; різні способи для доступу до реляційних баз даних; утиліти, які допомагають в розгортанні додатків і технічного обслуговування; має потужну екосистему.

За відображення даних OLAP-кубу відповідає таблиця з трьома колонками: показник виміру (назва показнику в залежності від виміру, що розглядається), кількість об'єктів та вартість відновлення (агреговані значення для кожного з показників). Для зміни виміру у верхній частині

таблиці реалізовано відповідний перемикач. Поряд з цим перемикачем додатково було реалізовано фільтр по даті, що дозволяє обрати конкретний часовий діапазон для аналізу. Зовнішній вигляд таблиць та фільтрів представлено на рис.1.

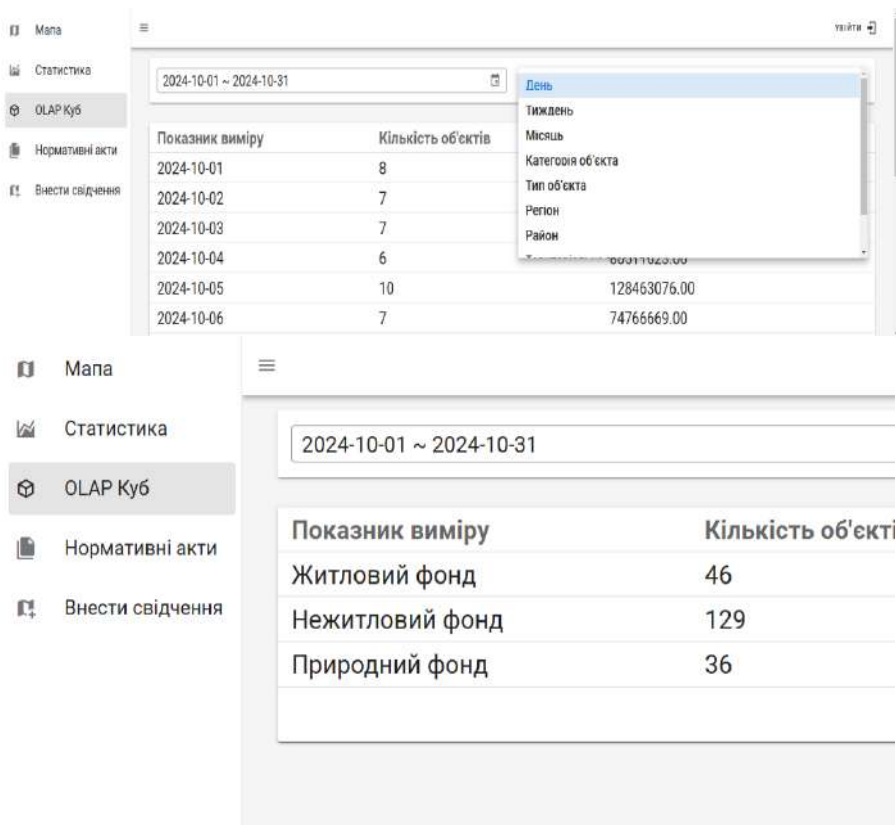


Рисунок 1 – Реалізація OLAP-кубу

OLAP-куб у системі фіксації руйнувань є незамінним інструментом для аналізу складних, багатовимірних даних, оскільки підтримує швидкий та динамічний аналіз, дозволяючи фільтрувати та пріоритизувати записи про пошкодження за різними вимірами.

Сучасні інструменти OLAP активно розробляються та залишаються актуальними оскільки пропонують ключову перевагу: вони розроблені спеціально для створення безпечної багатовимірної моделі, яка служить фактичним семантичним рівнем для аналітичних потреб. Крім того, як

зазначено в [3], вони виграють від останніх досягнень у: технології великих даних, генеративному ШІ для впровадження нових функцій або завершення існуючих, для підвищення продуктивності кінцевих користувачів.

На даному етапі розробки при побудові OLAP-кубу використовувались традиційні інструменти у власній системі [1], поряд з модулем аналітики та мапою, що надало можливість зконцентрувати все в одному місці і не передавати дані у сторонні інструменти. При проведенні подальших досліджень і збільшенні обсягів даних та запитів планується використання сучасних інструментів технології OLAP.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bakurova, V. Bilyi, A. Didenko, E. Tereschenko Analytics module for the system for recording destruction due to russian aggression / XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine, Nov 2023, Volume 2023, p.1 – 5 DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520232>

2. A Review on OLAP Technologies Applied to Information Networks // ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD), Volume 14, Issue 1, Pages 1 – 25 <https://doi.org/10.1145/3370912>

3. <https://towardsdatascience.com/olap-is-dead-or-is-it-e1267d955358>

4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/OLAP>

5. https://en.wikipedia.org/wiki/Online_analytical_processing

6. <https://laravel.com/>

УДК 519:004.22

Гринченко П.В.¹, Бакурова А.В.², Зарицький О.В.³, Терещенко Е.В.⁴, Широкопад Д.В.⁵

1 асп. НУ «Запорізька політехніка»

2 проф. НУ «Запорізька політехніка»

3 проф. Національний університет ім.Т.Шевченка

4 доц. НУ «Запорізька політехніка»

5 докторант НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВРАЗЛИВОСТЕЙ В МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМАХ

Поширення пристроїв, підключених до Інтернету, революціонізувало спосіб взаємодії людей і організацій із технологіями. Однак цей взаємозв'язок також створює значні ризики для безпеки. Шлюзи, які служать основною точкою доступу для мереж, часто стають цілями зловмисників через їх вразливість. Подібним чином обладнання інтернет-провайдера, включаючи брандмауери та комутатори Ethernet, відіграє вирішальну роль у

безпеці мережі та є чутливим до різноманітних експлойтів. Уразливість ланцюга постачання стала критичною проблемою, оскільки вона може порушити цілісність програмного та апаратного забезпечення на багатьох рівнях.

Основні положення методології побудови системи контролю доступу до мережеских систем були розроблені колективом авторів на основі нечіткої математики і представлені в роботах [1], [2].

Аналізуючи конкретні загальні вразливості та ризики (CVE) в межах сформованої методології [2] в даній роботі висвітлено потенційні ризики для мережевої інфраструктури та безпеки даних. На рис.1 представлена структура параметрів системи нечіткого логічного виведення, що побудована для оцінки важкості наслідків вразливостей в мережевій системі. При побудові системи та визначенні її параметрів використовувався стандарт CVSS [3].

Вхідні параметри системи нечіткого логічного виведення моделюються у вигляді лінгвістичних змінних.

Показник **OAF (Object Access Frequency)** визначає частоту доступу до об'єкта (Object access frequency, OAF) системними об'єктами. Його значення розраховується за даними систем реєстрації UAM та UEBA як відношення кількості звернень до об'єкта до загальної кількості звернень до всіх об'єктів системи.

Рівень чутливості інформації **Information Sensitivity Level (ISL)** відноситься до класифікації інформації на основі її конфіденційності, що часто визначає рівень захисту та засоби контролю, що необхідні для її захисту. ISL визначає, як має здійснюватися доступ до інформації, ділитися та зберігати на основі потенційного впливу неавторизованого доступу. Терми цієї лінгвістичної змінної та відповідні до них функції приналежності мають наступні позначення: $L, z (0.3 \ 0.4)$; $M, PI (0.2 \ 0.3 \ 0.6 \ 0.9)$; $H, s (0.6 \ 0.7)$.

Рівень впливу об'єкта **Level of Object Influence (LOI)** стосується ступеня, до якого об'єкт у системі впливає на інші елементи системи. Це може включати вплив даних, апаратного чи програмного забезпечення на безпеку або робочі можливості системи.

Група метрик **CIA Impact Metrics (Confidentiality, Integrity, Availability)** дозволяє оцінити потенційний вплив порушень безпеки на конфіденційність, цілісність і доступність системи. Ці показники допомагають зрозуміти потенційну шкоду, яку може зазнати система в разі порушення, і, відповідно, визначити пріоритетність відповідей.

Ця група метрик містить наступні три параметри.

VI (Vulnerability System Integrity) - вимірює вразливість цілісності системи до порушення. Це стосується ризику несанкціонованих змін, пошкодження даних або несанкціонованих модифікацій, які впливають на

правильність і надійність системи. Терми цієї лінгвістичної змінної та відповідні до них значення: *NONE, 0; LOW, 0.5; HIGH; 1*.

VC (Vulnerability System Confidentiality) відноситься до вразливості системи до порушень, які можуть поставити під загрозу конфіденційність конфіденційної інформації. Він оцінює ризик несанкціонованого доступу до конфіденційних даних. Терми цієї лінгвістичної змінної та відповідні до них функції приналежності мають наступні позначення: *N, z (0.2 0.4); L, PI (0.2 0.3 0.6 0.9); H, S (0.6 0.7)*.

VA (Vulnerability System Availability) вимірює потенційні загрози для доступності системи, зокрема ризики, які можуть перешкодити авторизованим користувачам отримати доступ до системи або її даних. Це включає атаки на відмову в обслуговуванні або простої системи.

Метрика **Safety** вимірює вплив на безпеку людини-актора або учасника, який передбачувано може отримати травму в результаті використання вразливості. Відповідна лінгвістична змінна приймає такі значення: *Negligible, 0; Marginal, 0.5; Critical, 0.75; Catastrophic, 1*. Показник відноситься до групи додаткових і, як правило, не використовується. Але в даній роботі йому надається особливе значення на випадок, коли в мережевій структурі присутні об'єкти зі штучним інтелектом (наприклад, роботи).

Вихідним параметром системи нечіткого логічного виведення (рис.1) є також лінгвістична змінна:

AS (Attack Severity) refers to the measure of the potential damage or impact an attack could have on a system. This metric helps to assess the seriousness of an attack, including the scale of damage and recovery efforts needed. відноситься до міри потенційної шкоди або впливу, який атака може мати на систему. Цей показник допомагає оцінити серйозність атаки, включно з масштабом шкоди та зусиллями, які необхідні для відновлення. Терми вихідної змінної та відповідні до них функції приналежності мають наступні позначення: *Slight, z (0.15 0.3); Minimal, PI (0.1 0.2 0.4 0.5); Significan, PI (0.3 0.4 0.65 0.7); Major, PI (0.5 0.67 0.85 0.9); Catastrophic, S (0.7 0.92)*.

На рис.2 представлена поверхня відгуку системи нечіткого логічного виведення, що дає оцінку важкості наслідків вразливостей.

Розуміння вразливостей системи та того, як вони взаємодіють із ключовими умовами безпеки, має важливе значення для захисту інформації та захисту від кібератак. Були досліджені поширені вразливості системи, пов'язані з такими важливими поняттями, як керування паролями, керування доступом і безпека мережі тощо.

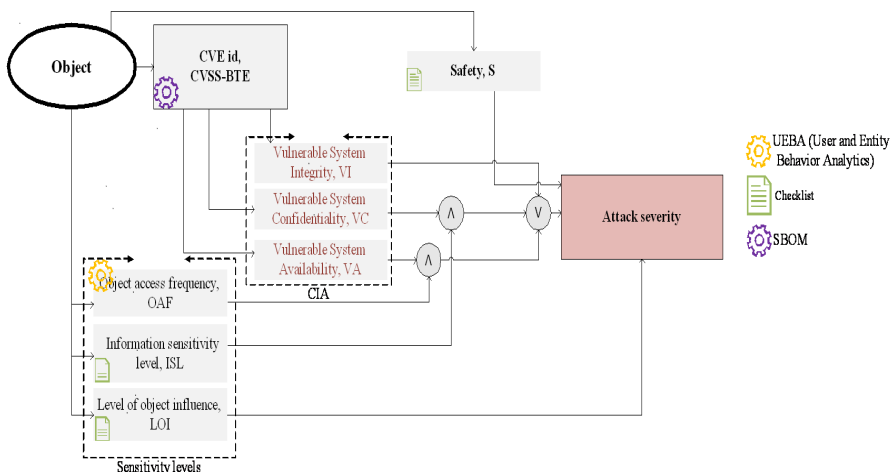


Рисунок 1 – Структура системи нечіткого логічного виведення для оцінки важкості наслідків вразливостей в мережевій системі

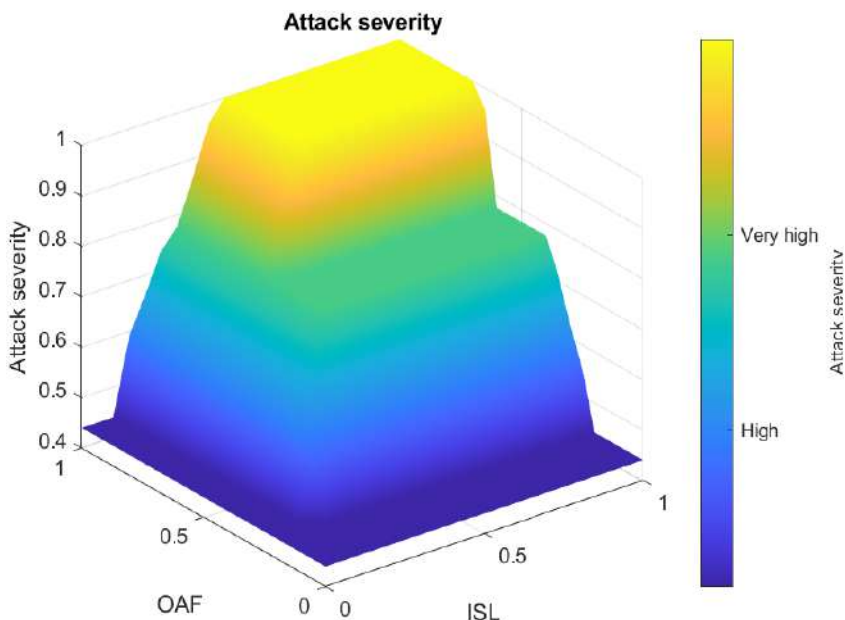


Рисунок 2 – Поверхня відгуку для оцінки важкості наслідків вразливостей (реалізація в пакеті Matlab)

Науковою новизною даної роботи є математична модель оцінки важкості наслідків вразливостей мережевої структури, яка враховує наявність в системі ІІІ, та її реалізація в пакеті Matlab.

Розглянуті в цій статті CVE підкреслюють нагальну потребу організацій у впровадженні ефективних механізмів захисту. Визначаючи пріоритетність регулярних оновлень, застосовуючи надійні методи безпеки та проводячи постійні оцінки, можна значно зменшити ризики, що пов'язані з цими вразливими місцями. У міру розвитку технологій підтримка проактивного підходу до кібербезпеки є важливою для захисту мереж і даних.

Подальший план досліджень передбачає розробку сценаріїв потенційних дій вразливостей в певних системах та стратегій захисту для зменшення ризиків.

Дослідження виконувалось за підтримки проекту "TELEMETRY" в рамках програми Horizon Europe.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A Framework Addressing Challenges in Cybersecurity Testing of IoT Ecosystems and Components / Steve Taylor, Martin Jaatun, Alan McGibney, Robert Seidl, Pavlo Hrynenko, Dmytro Prosvirin, Rosella Mancilla // Proceedings of the 9th International Conference on Internet of Things, Big Data and Security, Angers – France, April 28 - 30, 20243. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. ACM computing surveys (CSUR), 41(3), 1-58, 2021.

2. Fuzzy logic-based methodology for building access control systems based on fuzzy logic / Vasyl Lytvyn, Anna Bakurova, Oleh Zaritskyi, Anatoliy Gritskevich, Pavlo Hrynenko, Elina Tereschenko and Dmytro Shyrokorad // Proceedings of the Modern Data Science Technologies Workshop (MoDaST 2024) Lviv, Ukraine, May 31 - June 1, 2024. – ceur-ws.org/Vol-3723/paper7.pdf

3. Common Vulnerability Scoring System: Specification Document <https://www.first.org/cvss/specification-document>

УДК 681.5:004.22

Гріцкевич А.А.¹

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ СУБ'ЄКТІВ У ВЕЛИКИХ ІТ-СТРУКТУРАХ

В умовах стрімкого розвитку та масштабування ІТ-інфраструктур зростають ризики, пов'язані з кібербезпекою [1]. Особливо вразливими є великі ІТ-структури, що формувались протягом тривалого часу різними

командами розробників та архітекторів. Відсутність уніфікованого підходу до забезпечення безпеки та фрагментарність рішень створюють передумови для виникнення вразливостей у системах контролю доступу [2].

Традиційні методи забезпечення кібербезпеки, такі як впровадження комплексних систем керування доступом, часто стикаються з рядом обмежень: тривалі терміни впровадження, несумісність з існуючими політиками безпеки організацій, значні ресурсні витрати на інтеграцію. У цьому контексті особливої актуальності набуває розробка проміжних рішень, що дозволяють підвищити рівень захищеності IT-інфраструктури до моменту впровадження комплексної системи безпеки.

Одним із ключових факторів, що потребує постійного моніторингу, є аномальна поведінка користувачів системи, яка може свідчити про потенційні загрози безпеці [3]. Своєчасне виявлення таких аномалій дозволяє запобігти несанкціонованому доступу та мінімізувати можливі ризики.

Методи визначення аномальної поведінки базуються на комплексному аналізі активності користувачів інформаційних систем. Аномальність в поведінці суб'єкта виявляється шляхом налаштування тригерів на рівні операційної системи (ОС) користувача, без залучення сторонніх утиліт. Для відстеження певних подій застосовуються утиліти Auditd у Linux або Event Logging у Windows. Активація тригерів відбувається при виникненні подій запуску програми, зміни налаштувань системи, маніпулюванні критичними файлами, мережевих підключеннях, передачі даних або підключенні зовнішніх пристроїв. Події реєструються автоматично після інсталяції в ОС та зберігаються в лог-файлах. Технічна реалізація досягається шляхом конфігурації Auditd із застосуванням правил для відстеження змін у файлах або мережевих підключеннях, збереження цих подій у `/var/log/audit/audit.log`, а також через PowerShell-скрипти у Windows для моніторингу Event Logs і пересилання даних через захищений канал на зовнішній сервер.

Збір та пересилання журналів для централізованого аналізу реалізується за допомогою скриптів, що періодично сканують файли журналів на наявність необхідних даних, екстрагують їх і передають у стандартизованому форматі. Таким чином забезпечується автоматизована передача даних для подальшого аналізу та обробки.

Ефективність моніторингу значною мірою залежить від методики налаштування тригерів. Виявлення відхиленої поведінки можливе лише при відповідності дій користувача встановленим пороговим значенням правил. Надмірна кількість тригерів призводить до збільшення хибнопозитивних спрацьовувань, перевантаження системи нерелевантними даними і, як наслідок, ускладнення процесів аналізу.

Програмне забезпечення класу моніторингу активності користувачів (UAM) представляє готові рішення для спостереження за активністю

користувачів і виявлення аномальної поведінки. Системи UAM функціонують на рівні операційної системи, забезпечуючи контроль дій користувачів з метою забезпечення безпеки, запобігання витоку даних і підвищення ефективності роботи.

За замовчуванням UAM містить набір тригерів для відстеження специфічних подій: доступу до файлів, запуску програм із підвищеними правами, зміни налаштувань та мережевих підключень. Стандартний набір тригерів UAM системи включає:

- [Default] [Linux] User adding - an alert for detecting user creation;
- [Default] [Linux] Installation detection - an alert on installation events;
- [Default] [Linux] Mounting device - an alert on mounting storages.

Окрім стандартних тригерів, існує можливість створення та налаштування додаткових тригерів. UAM виконує автоматичну обробку згенерованих тригерів та аналіз рівня загрози відповідно до вбудованих алгоритмів. При виявленні потенційно небезпечного набору подій система формує оцінку ризику та генерує звіт для подальшого аналізу.

Застосування спеціалізованих систем моніторингу типу UAM забезпечує прискорене розгортання та налаштування через використання готових рішень. Це оптимізує часові витрати на впровадження для організацій, проте породжує питання довіри до стороннього програмного забезпечення з вбудованими алгоритмами оцінки.

Реєстрація даних реалізується за допомогою вбудованих засобів операційної системи з подальшою передачею в систему SIEM для поглибленого дослідження на основі попередньо визначених або налаштованих правил. Процес включає аналіз всіх подій за допомогою SIEM на предмет аномальної поведінки, зіставлення з відомими шаблонами, оцінку журналів за частотою, зв'язками з іншими подіями та рівнем ризику. Журнали надходять із серверів у систему SIEM, консоліднуються в єдиний формат за допомогою інструментів Logstash, індексуються в Elasticsearch для фільтрації. Візуалізація даних здійснюється через Kibana з формуванням інформаційних панелей та звітів.

Для поглибленого аналізу аномалій у журналах застосовуються спеціальні правила запитів, засновані на пошуку специфічних комбінацій подій із використанням KQL або Lucene. Дані правила забезпечують пошук аномалій не за окремими тригерами, а за наборами подій, асоційованих з нетиповою поведінкою. На початковому етапі впровадження можливе генерування хибнопозитивних спрацьовувань до моменту навчання системи на типовому потоці журналу. Додатковим обмеженням виступає здатність системи лише фіксувати відхилення без точної класифікації подій як загроз.

Пропозиція оптимального методу базується на інтеграції різних підходів до моніторингу активності користувачів. Комбінація готових і

кастомних тригерів, агента UAM та інструментів аналізу журналів SIEM забезпечує створення комплексної системи виявлення аномальної поведінки. Запропонована модель поєднує різноманітні джерела даних і методи їх обробки, що дозволяє детектувати як явні загрози, так і приховані аномалії в поведінці користувачів.

Розгортання UAM-агентів на робочих станціях забезпечує формування мережі налаштованих тригерів з можливістю розширення додатковими правилами детектування. Взаємодія агента з операційною системою реалізується через системні виклики та функції, що включає роботу з реєстром, файловою системою, процесами та службами з використанням наданих при інсталяції привілеїв. Подальша передача логів до SIEM системи уможливило комплексний аналіз та формування звітів щодо виявлених тригерів, а також ідентифікацію прихованих загроз на основі аномальних записів в журналах ОС у випадках маскування зловмисником своїх дій під легітимні операції суб'єкта.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в інтеграції трьох взаємодоповнюючих методів виявлення аномалій:

- тригерного моніторингу на рівні ОС;
- спеціалізованих систем UAM;
- централізованого аналізу журналів через SIEM.

Перспективи розвитку комбінованого методу охоплюють розширення спектру контрольованих параметрів доступу. Аналіз частоти звернень до об'єктів інфраструктури (сервісів і серверів) реалізується через дослідження журналів, що акумулюються на серверах, системах моніторингу та мережевому обладнанні. За відсутності налаштованого логування впроваджується система реєстрації для забезпечення повноти аналізу використання об'єктів.

SIEM система забезпечує централізований збір журналів з різних компонентів інфраструктури з подальшою нормалізацією до уніфікованого формату. Збір статистики щодо кількісних показників та тривалості сеансів здійснюється незалежно. Реалізована можливість отримання журналів через API-інтерфейси у форматах JSON або XML. Після етапу фільтрації виконується обробка даних з подальшою візуалізацією в Kibana для формування аналітичних панелей моніторингу активності.

Подальший розвиток запропонованих рішень передбачає інтеграцію технологій машинного навчання та штучного інтелекту в систему контролю доступу. Аналіз напрацьованого архіву даних та оцінка ефективності застосованих методів створюють передумови для вдосконалення автоматизації моніторингу, що сприяє підвищенню точності виявлення аномалій та прогнозування потенційних загроз.

Розроблений комбінований підхід забезпечує оперативне виявлення аномальної поведінки та своєчасне реагування на потенційні загрози, дослідження якого відбулося за підтримки проекту "TELEMETRY" в рамках програми Horizon Europe. Інтеграція тригерного моніторингу на рівні ОС, UAM-агентів та централізованого аналізу через SIEM дозволяє досягти синергетичного ефекту в забезпеченні інформаційної безпеки. Запропоноване рішення демонструє високу ефективність для великих ІТ-структур, що не мають комплексних систем безпеки, а отримані результати можуть бути використані при розробці та адаптації комплексних рішень під специфічні потреби організацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Anderson J.P. Computer Security Threat Monitoring and Surveillance. Technical Report, James P. Anderson Co., Fort Washington, Pennsylvania, 2020.
2. Garcia-Teodoro P., Diaz-Verdejo J., Maciá-Fernández G., Vázquez E. Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges. *computers & security*, 28(1-2), 18-28, 2019.
3. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 41(3), 1-58, 2021.

УДК 004.8:658

Домашенко Д.Г.¹

¹студ. гр. 8.1263, Запорізький національний університет

ЕФЕКТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ЗАМОВЛЕННЯМИ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ

В умовах стрімкого розвитку електронної комерції та зростаючої конкуренції, впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) стає важливим фактором успіху для бізнесу. ШІ трансформує способи ведення бізнесу, оптимізує операційні процеси та покращує взаємодію з клієнтами [1].

Одним з напрямів впровадження штучного інтелекту в системи управління замовленнями є прогнозування попиту та оптимізація складських запасів. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні дані продажів, сезонні тренди, ринкові умови та інші фактори для передбачення майбутнього попиту. Це дозволяє підтримувати оптимальний рівень запасів, мінімізувати витрати на зберігання та уникати ситуацій з дефіцитом товарів.

Автоматизація обробки замовлень за допомогою ШІ суттєво прискорює весь процес від отримання замовлення до його виконання. Інтелектуальні системи автоматично перевіряють наявність товарів, визначають

оптимальний склад для відправки, формують документацію та координують роботу з службами доставки. Використання ШІ в обробці замовлень значно зменшує час їх виконання та мінімізує можливість помилок при обробці.

Персоналізація користувацького досвіду стала невід'ємною частиною сучасної електронної комерції. ШІ аналізує поведінку користувачів, їх вподобання та історію покупок для створення індивідуальних пропозицій. Системи здатні адаптувати інтерфейс магазину, пропонувати релевантні товари та формувати персоналізовані програми лояльності. Такий підхід підвищує залученість користувачів та збільшує ймовірність здійснення покупки [2].

Особливу увагу варто приділити розумній логістиці та маршрутизації доставки. Алгоритми ШІ оптимізують маршрути доставки з урахуванням багатьох факторів: завантаженості доріг, погодних умов, терміновості замовлень та ефективності використання транспортних засобів. Це дозволяє значно скоротити витрати на доставку та зменшити час виконання замовлень.

Інтеграція всіх цих напрямів створює єдину інтелектуальну екосистему управління замовленнями. Важливо зазначити, що кожен з цих напрямів постійно розвивається, з'являються нові алгоритми та підходи, що робить процес управління замовленнями все більш ефективним та орієнтованим на потреби клієнта.

Для оптимізації бізнес-процесів сучасні системи управління замовленнями активно використовують різноманітні інтелектуальні технології. Машинне навчання стало фундаментальною технологією для аналізу поведінки покупців. Алгоритми глибокого навчання обробляють великі масиви даних про дії користувачів на сайті, їх покупки, переходи між сторінками та час перебування в різних розділах магазину. На основі цього аналізу система формує детальні поведінкові патерни, які використовуються для прогнозування майбутніх дій покупців та оптимізації роботи магазину.

Технології обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) революціонізували комунікацію з клієнтами. Сучасні чат-боти та віртуальні асистенти здатні розуміти контекст запитань, вести осмислений діалог та надавати релевантні відповіді на запити користувачів. Ці технології забезпечують цілодобову підтримку клієнтів, аналізують тональність спілкування та автоматично передають складні випадки до операторів-людей.

Системи рекомендацій, побудовані на основі колаборативної фільтрації та контентного аналізу, суттєво впливають на збільшення продажів. Вони аналізують не лише історію покупок конкретного користувача, але й враховують поведінку схожих користувачів, сезонні тренди та актуальні маркетингові кампанії. Персоналізовані рекомендації значно підвищують ймовірність покупки та збільшують середній чек замовлення.

Особливу роль відіграють технології виявлення шахрайства та забезпечення безпеки. Алгоритми аномальної детекції в реальному часі аналізують кожну транзакцію за десятками параметрів, включаючи геолокацію, історію покупок, поведінку при навігації сайтом та характеристики пристрою. Системи машинного навчання постійно адаптуються до нових схем шахрайства, забезпечуючи високий рівень захисту як для бізнесу, так і для клієнтів.

Важливим аспектом є використання технологій комп'ютерного зору для автоматизації складських операцій та контролю якості товарів. Системи розпізнавання зображень допомагають ідентифікувати товари, перевіряти їх стан при прийманні та відвантаженні, а також оптимізувати розміщення на складі. Впровадження комп'ютерного зору в складські операції суттєво підвищує точність інвентаризації та зменшує час на обробку товарів.

Такий комплексний підхід до використання інтелектуальних технологій забезпечує значне зростання ефективності бізнес-процесів та якості обслуговування клієнтів [3].

Ефективне впровадження ІІІ в процес управління замовленнями вимагає його глибокої інтеграції з існуючими бізнес-системами. Особливо важливою є взаємодія з CRM (Customer Relationship Management) та ERP (Enterprise Resource Planning) системами, які становлять основу інформаційної інфраструктури сучасного бізнесу. ІІІ-компоненти повинні безперешкодно отримувати дані про клієнтів, історію їх взаємодії з компанією, інформацію про запаси товарів та ресурси підприємства для прийняття оптимальних рішень.

Сучасні підходи до інтеграції базуються на використанні API (Application Programming Interface) та мікросервісної архітектури. API забезпечують стандартизований спосіб обміну даними між різними компонентами системи, дозволяючи ІІІ-модулям взаємодіяти з існуючими базами даних та програмними рішеннями. Мікросервісна архітектура, в свою чергу, дозволяє розбити складну систему на незалежні компоненти, кожен з яких відповідає за конкретну функцію та може бути оновлений або замінений без впливу на роботу інших частин системи.

Хмарні рішення відіграють ключову роль у забезпеченні масштабованості та гнучкості систем управління замовленнями. Використання хмарних технологій дозволяє швидко нарощувати обчислювальні потужності під час пікових навантажень та оптимізувати витрати на інфраструктуру в періоди низької активності. Крім того, хмарні платформи надають доступ до готових ІІІ-сервісів та інструментів машинного навчання, що значно спрощує процес впровадження інтелектуальних функцій.

Важливим аспектом інтеграції є забезпечення безперервності бізнес-процесів. Нові ІІІ-компоненти повинні впроваджуватися поступово, з можливістю швидкого повернення до попередньої версії системи у разі виникнення проблем. Це досягається через використання методології безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD), яка дозволяє автоматизувати процеси тестування та впровадження нових функцій.

Для ефективної роботи інтегрованої системи необхідно забезпечити якісну синхронізацію даних між всіма компонентами. Це включає механізми валідації даних, обробку конфліктів при одночасному оновленні інформації різними підсистемами та забезпечення цілісності даних при збоях. Системи управління чергами повідомлень та розподілені бази даних допомагають вирішити ці завдання, забезпечуючи надійну передачу інформації між компонентами.

Особливу увагу при інтеграції приділяють питанням моніторингу та аналітики. Впроваджуються системи збору метрик продуктивності, які дозволяють відслідковувати ефективність роботи ІІІ-алгоритмів та швидко виявляти потенційні проблеми. Аналітичні інструменти допомагають оцінювати вплив нових функцій на загальну продуктивність системи та приймати рішення щодо подальшої оптимізації.

Впровадження ІІІ в системи управління замовленнями супроводжується низкою технічних викликів, які потребують вирішення. Одним з основних є забезпечення якості та репрезентативності даних для навчання ІІІ-моделей. Неповні, зашумлені або упереджені дані можуть призвести до неточних прогнозів та помилкових рішень системи. Вирішення цієї проблеми вимагає розробки ефективних методів очищення даних, створення збалансованих навчальних наборів та постійного моніторингу якості роботи моделей.

Іншим важливим викликом є забезпечення прозорості роботи ІІІ-алгоритмів. Користувачі та бізнес-власники повинні розуміти, на основі яких факторів система приймає рішення. Особливо це стосується випадків відмови в обслуговуванні або виявлення потенційно шахрайських операцій. Розвиток методів інтерпретації роботи ІІІ-моделей та впровадження механізмів пояснення рішень стають важливими напрямками досліджень.

Перспективи розвитку ІІІ в управлінні замовленнями пов'язані з кількома ключовими напрямками. Активно розвиваються методи федеративного навчання, які дозволяють навчати моделі на розподілених даних без їх централізованого зберігання, що підвищує безпеку та приватність. Впровадження технологій квантових обчислень може значно прискорити обробку складних оптимізаційних задач у логістиці та управлінні запасами.

Розвиток технологій обробки природної мови відкриває нові можливості для створення більш природних та ефективних інтерфейсів взаємодії з користувачами. Системи голосового управління та багатомовні асистенти зроблять процес замовлення більш доступним та зручним для різних категорій користувачів. Також очікується подальший розвиток технологій комп'ютерного зору, які дозволять покращити автоматизацію складських операцій та контроль якості товарів.

Важливим трендом є розвиток гібридних систем, які поєднують різні типи ШІ-алгоритмів та традиційні методи обробки даних. Такий підхід дозволяє використовувати переваги кожної технології та створювати більш надійні та адаптивні рішення. Інтеграція з технологіями Інтернету речей (IoT) та розширеної реальності також відкриває нові можливості для оптимізації процесів управління замовленнями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Singh N., Chouhan S.S. Role of Artificial Intelligence for Development of Intelligent Business Systems. // IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (iSES). – Jaipur, 2021. – P. 373–377. DOI: <https://dx.doi.org/10.36227/techrxiv.16676794.v1>.

2. Яворська О.Г. Цифровізація бізнесу та електронна комерція – тренди трансформації сервіс-орієнтованих підприємств. / О.Г. Яворська // Парадигмальні виклики сучасного розвитку : колективна монографія / за заг. ред. Дуки А. П. – Чернігів : ГО «Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій», 2022. – С. 186–205. URL: https://reicst.com.ua/asp/article/view/monograph_paradigmatic_03_2022_05_01 (дата звернення: 16.10.2024).

3. Lari H. Artificial Intelligence in E-Commerce: Applications, Implications and Challenges. / H. Lari, K. Vaishnava, K. Manu // Asian Journal of Management. – 2022. – Vol. 13. – Iss. 3. – pp. 235-244. DOI: 10.52711/2321-5763.2022.00041.

УДК 004.8:331.1

Домашенко С.В.¹, Морозов Д.М.², Гнєздовський О.В.²

1 студ. гр. КНТ-213м НУ «Запорізька політехніка»

2 доц. НУ «Запорізька політехніка»

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У HR-АНАЛІТИЦІ: РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЛИННОСТІ КАДРІВ

В умовах сучасного ринку праці проблема плинності кадрів набуває все більшої актуальності. Останні роки характеризуються значними змінами, викликаними як глобальною пандемією COVID-19, так і загальними

трансформаціями у ставленні працівників до роботи. В умовах війни та повоєнного відновлення України актуальність цієї проблеми ще більше зростає. Масове переміщення населення, релокація бізнесу та знищення підприємств суттєво ускладнили стабільність кадрового потенціалу країни.

Вплив плинності кадрів на організації має комплексний характер, охоплюючи економічні, соціальні та репутаційні аспекти. Згідно з дослідженнями міжнародних консалтингових компаній, витрати на заміну одного співробітника можуть становити від 30% до 200% його річного окладу залежно від рівня посади та галузі. Крім фінансових витрат, звільнення працівників призводить до втрати знань і навичок, що є критичним для інноваційно орієнтованих галузей.

Потреба у впровадженні систем раннього прогнозування ризиків звільнення, що дозволяють своєчасно виявляти потенційні проблеми та вживати превентивних заходів зростає. Тому розробка ефективних інструментів для прогнозування плинності кадрів та запобігання її негативним наслідкам є важливим завданням для роботодавців, держави та наукової спільноти.

Залежно від доступних ресурсів і рівня цифровізації компанії, роботодавці використовують як традиційні, так і сучасні підходи до прогнозування.

Традиційні методи базуються на якісному аналізі інформації про працівників, який здійснюється за допомогою анкетування, інтерв'ю або оцінки задоволеності. Наприклад, регулярні опитування щодо залученості працівників можуть виявити загальні настрої в колективі. Проте ці методи часто мають суб'єктивний характер, потребують багато часу та не забезпечують високої точності. В Україні ці підходи широко використовуються серед малих і середніх підприємств через простоту та низькі витрати.

Сучасні аналітичні підходи включають використання великих даних (Big Data) та алгоритмів машинного навчання. Використання цих інструментів дозволяє автоматизувати процес аналізу та враховувати численні фактори, які впливають на рішення працівника звільнитися. Інтерес до впровадження сучасних аналітичних інструментів в українському бізнес-середовищі помітно зростає. Особливо в IT-компаніях, які активно впроваджують системи HR-аналітики, великих міжнародних корпораціях та фінансовому секторі, де традиційно високий рівень діджиталізації. Використання великих даних стає невід'ємною частиною HR-процесів, включаючи аналіз цифрового сліду працівників, інтеграцію даних з різних внутрішніх систем та врахування зовнішніх факторів ринку праці.

Завдяки впровадженню інноваційних технологій та зростаючій ролі даних у прийнятті управлінських рішень HR-аналітика трансформується з

допоміжного інструменту в стратегічний напрям, який безпосередньо впливає на ефективність роботи організацій.

Завдяки автоматизації бізнес-процесів компанії тепер мають доступ до великого обсягу інформації про своїх співробітників: від продуктивності роботи до частоти відвідування корпоративних заходів. Це дозволяє будувати точні прогностичні моделі, які допомагають передбачати плинність кадрів або визначати найкращих кандидатів для кар'єрного зростання.

Алгоритми машинного навчання здатні аналізувати багатофакторні дані та знаходити закономірності, які не є очевидними для традиційного аналізу. Інтеграція HR-аналітики в корпоративні системи управління, такі як ERP та CRM, дозволяє керівникам отримувати цілісну картину про працівників у реальному часі та приймати більш обґрунтовані рішення. Розвиток проактивної HR-аналітики, яка спрямована не лише на аналіз минулих даних, але й на передбачення майбутніх подій, дозволяє компаніям вчасно виявляти потенційні проблеми, такі як зростання рівня плинності кадрів, і розробляти заходи для їх попередження. Сучасні системи аналізують дані про кожного працівника окремо, що дає змогу створювати індивідуальні програми розвитку, оцінки продуктивності або мотивації. Наприклад, технології, які використовують біометричні дані чи аналіз емоцій у корпоративному середовищі, вже знаходять своє застосування в провідних міжнародних компаніях [1].

Особливу цінність представляє можливість виявлення неочевидних патернів у даних, що допомагає краще розуміти фактори, які впливають на рішення про звільнення. Real-time моніторинг стає стандартом у сучасній HR-аналітиці, забезпечуючи постійний аналіз показників залученості та оперативне виявлення змін у поведінці працівників. Це дозволяє швидко реагувати на потенційні проблеми та вживати превентивних заходів ще до того, як ситуація стане критичною.

В Україні HR-аналітика перебуває на стадії активного розвитку, але існують певні виклики, такі як недостатній рівень цифровізації малих і середніх підприємств, обмеженість доступу до спеціалістів у сфері Data Science та невирішені питання конфіденційності даних. Водночас попит на аналітичні рішення стрімко зростає, що відкриває перспективи для впровадження сучасних технологій і методів.

Важливим етапом побудови моделей машинного навчання є ідентифікація факторів, які впливають на ймовірність звільнення. Це можуть бути: рівень зарплати, тривалість роботи на поточній посаді, зміна кар'єрного шляху, частота підвищень або конфлікти з керівництвом. Сучасні алгоритми дозволяють враховувати десятки або навіть сотні таких факторів одночасно, створюючи персоналізовані прогнози для кожного працівника.

Рішення працівника про звільнення є багатофакторним процесом, на який впливають як внутрішні, так і зовнішні чинники. Внутрішні фактори найчастіше пов'язані з умовами роботи, рівнем задоволеності працівника та взаємовідносинами в колективі. Наприклад, низький рівень заробітної плати чи відсутність можливостей для кар'єрного зростання стають одними з головних причин звільнень. Важливу роль відіграють соціальні фактори, такі як атмосфера в колективі та стиль керівництва. Конфлікти з колегами чи керівниками, відсутність зворотного зв'язку або підтримки можуть суттєво знизити залученість працівника до роботи. Особливо це стосується великих організацій, де працівники можуть почуватися ізольованими або недооціненими.

Зовнішні фактори включають ситуацію на ринку праці, економічну стабільність та наявність альтернативних можливостей. Наприклад, зростання зарплат у конкурентних компаніях чи розширення можливостей для віддаленої роботи під час пандемії COVID-19 спонукало багатьох працівників до зміни роботодавця. Для України до зовнішніх факторів також відносяться міграційні процеси, викликані війною, які суттєво вплинули на мобільність робочої сили.

Необхідно також враховувати особисті характеристики працівника, такі як вік, стаж роботи, рівень освіти та сімейний статус. Молодші працівники частіше змінюють місце роботи, шукаючи кращі умови або перспективи, тоді як старші працівники більш схильні залишатися на стабільних посадах.

Таким чином, фактори, що впливають на рішення про звільнення, є складними та багатовимірними. Використання сучасних аналітичних методів дозволяє виявляти неочевидні закономірності між різними змінними, що сприяє більш ефективному управлінню кадровими ресурсами.

Задача прогнозування звільнення працівників з математичної точки зору відноситься до задач бінарної класифікації, в якій кожен об'єкт $K_i (i = 1, \dots, N)$ характеризується m -мірним вектором ознак $(X_1 \dots X_m)$. Модель має передбачити приналежність об'єкта (працівника) до одного з двох класів: 1 - "звільниться" чи 0 - "залишиться".

Найпоширенішими алгоритмами для таких задач є логістична регресія, метод опорних векторів, дерева рішень, нейронні мережі, байєсівський класифікатор та ін., які використовують різний математичний апарат та різні підходи при реалізації. Вибір конкретного методу залежить від багатьох факторів, включаючи обсяг та якість доступних даних, вимоги до інтерпретованості результатів, обчислювальні ресурси та специфіку конкретної організації. При цьому важливо розуміти, що жоден метод не є універсально найкращим, і часто оптимальним рішенням є комбінація різних підходів [2].

Машинне навчання має значний потенціал для HR-аналітики, проте його застосування супроводжується певними особливостями. По-перше, HR-дані часто є неоднорідними та містять як числові, так і категорійні змінні, які вимагають попередньої обробки. Наприклад, інформація про вік, стаж роботи чи кількість підвищень потребує нормалізації, тоді як текстові дані, такі як відгуки з опитувань, можуть бути оброблені за допомогою методів обробки природної мови (NLP).

По-друге, забезпечення конфіденційності даних є критично важливим у HR. Законодавство вимагає, щоб дані працівників оброблялися відповідально та з дотриманням етичних норм. Це створює додаткові виклики для побудови моделей, які мають аналізувати дані без порушення приватності.

Дисбаланс даних є ще одним характерним викликом. У більшості компаній частка працівників, які звільняються, є значно меншою за тих, хто залишається. Це може призвести до зміщення моделей у бік більшості класу. Для вирішення цієї проблеми застосовуються такі підходи, як ресемплінг або зміна ваг у функціях втрат.

Таким чином, розробка моделей прогнозування плинності кадрів супроводжується низкою викликів:

- недостатність даних, оскільки невеликі компанії можуть не мати достатнього обсягу даних для ефективного навчання моделей;
- низька якість даних, неповні або неправильні записи про працівників знижують точність прогнозів;
- етичні аспекти, використання персональних даних потребує прозорості та дотримання етичних стандартів;
- опір технологіям, HR-фахівці можуть не довіряти прогнозам, створеним алгоритмами, через складність їхньої інтерпретації.

Розв'язання цих проблем вимагає застосування сучасних підходів до роботи з даними, зокрема, покращення їх якості, адаптації моделей до умов конкретної організації та забезпечення прозорості алгоритмів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бей Г.В., Середа Г.В. Трансформація HR-технологій під впливом цифровізації бізнес-процесів. // Економіка і організація управління. - 2019. - №2. - С. 93-101. - DOI: 10.31558/2307-2318.2019.2.10.
2. Піскун О.В. Аналіз алгоритмів машинного навчання для задачі бінарної класифікації. // Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Прикладна математика. Інформатика». - 2019. – Вип. № 2. - С. 86-95. - DOI 10.31651/2076-5886-2019-2-86-95.

КОМПАРАТИВНИЙ АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГРАФОВИХ БАЗ ДАНИХ

Сучасний розвиток технологій, таких як штучний інтелект та великі дані, вимагає нових підходів до зберігання та обробки даних. Графова база даних (ГБД) — це база даних, яка використовує структури графів для семантичних запитів з вершинами, ребрами та властивостями для представлення та зберігання даних. Реляційні бази даних часто не справляються з великим обсягом складних взаємозв'язків, що призводить до підвищеного інтересу до ГБД. ГБД не лише забезпечують ефективність у роботі з такими даними, але й пропонують високу масштабованість, що дозволяє обробляти складні структури даних у великих обсягах [1].

Серед популярних ГБД можна відзначити Neo4j, яка виділяється своєю продуктивністю та інтеграцією з різноманітними аналітичними інструментами [2]. GraphDB, зі свого боку, підкреслює важливість роботи з семантичними даними через RDF і підтримку запитів SPARQL [3]. Аналіз літературних джерел показує, що сучасні ГБД активно інтегруються із методами аналітики та онтологіями, що дозволяє виконувати складніші запити і забезпечувати більш точні результати [4].

Таблиця 1 – Характеристики найбільш популярних ГБД

База даних	Підтримка моделей	Мова запитів	Сфери застосування	Масштабованість
Neo4j	Property Graph	Cypher	Соціальні мережі, логістика, кібербезпека	Висока
GraphDB	RDF	SPARQL	Біоінформатика, управління знаннями	Висока
Datalevin	Datalog	Datalog	Локальні вбудовані системи	Обмежена
PachaDB	Нединамічні графи	Datalog	Розподілені системи, аналітика	Висока (залежить від конфігурації)

Результати дослідження показали, що Neo4j є найбільш придатною для обробки даних з великим обсягом складних взаємозв'язків [5]. Завдяки використанню Cypher як мови запитів, Neo4j забезпечує високий рівень продуктивності при обробці великих графів. Це робить Neo4j ідеальним вибором для проектів, пов'язаних із соціальними мережами, логістикою та кібербезпекою, де потрібно швидко аналізувати та обробляти великі масиви взаємопов'язаних даних [6].

GraphDB, що базується на RDF і підтримує SPARQL-запити, виявилася більш доречною для наукових досліджень, де потрібна точна семантична обробка даних. Її можливості в області семантики забезпечують більш інформативні результати, що є особливо важливим для онтологічних досліджень та проектів у галузі біомедицини [7].

У випадку з PachaDB, дослідження показало, що її підтримка незмінних даних є корисною для зберігання історії змін і забезпечення аудиту даних. Це особливо актуально для розподілених систем, де важливо зберегти цілісність та історію змін кожного запису [8].

Datavein показала себе добре для локальних проектів, де обмеження масштабованості не є проблемою, але вимоги до гнучкості Datalog-запитів є високими.

Таблиця 2 – Переваги та недоліки існуючих ГБД

Інструмент	Переваги	Недоліки
Neo4j	Швидкість, гнучкість, потужні інструменти	Висока вартість ліцензії для корпоративних рішень
GraphDB	Потужна підтримка семантичних даних	Складність навчання SPARQL
Datavein	Простота інтеграції, мінімальні ресурси	Обмежена масштабованість, проблеми з хмарною інтеграцією
PachaDB	Незмінність даних, висока надійність	Складність управління незмінними даними
Neo4j	Швидкість, гнучкість, потужні інструменти	Висока вартість ліцензії для корпоративних рішень

Проведене порівняння дозволяє зробити висновки щодо ефективності різних ГБД у конкретних сценаріях використання. Neo4j показала себе як ефективне рішення для корпоративних систем, що потребують високої швидкості та масштабованості [5]. Проте її недоліком є обмежена підтримка

семантичних запитів, що знижує її ефективність у проектах, де потрібно забезпечити семантичний аналіз даних.

GraphDB виявилася більш ефективною для наукових досліджень завдяки підтримці онтологій та можливості виконання семантичних запитів. Це надає цій базі перевагу в дослідницьких проектах, де важливо не тільки зберігати, але й інтерпретувати знання [3]. Проте її масштабованість може бути обмежена у порівнянні з Neo4j, що робить її менш ефективною у застосуваннях, де важлива швидкість обробки великих обсягів даних [1].

PachaDB та Datalevin демонструють свої переваги у локальних та розподілених системах зберігання. Однак, через обмежені можливості масштабування, їх застосування є доцільним у проектах, що не потребують швидкої обробки великих даних [4].

У підсумку, вибір ГБД залежить від специфічних вимог проекту. Neo4j підходить для високопродуктивних систем з великою кількістю взаємозв'язаних даних, GraphDB - для семантичного аналізу, а PachaDB та Datalevin можуть бути ефективними для збереження історичних даних [6].

Таблиця 3 – Критерії вибору інструменту для роботи з ГБД

Критерій	Neo4j	GraphDB	PachaDB
Продуктивність	Висока	Висока	Висока для розподілених систем
Простота інтеграції	Висока	Висока	Вимагає додаткових налаштувань
Підтримка складних запитів	Гнучкі запити через Cypher	Потужна робота з семантичними даними	Оптимізована для аналітики

Neo4j виявилася оптимальним вибором для систем, де важлива швидкість обробки запитів та гнучкість. Проте варто зазначити, що для роботи з онтологіями та семантичними запитами **GraphDB** є більш придатною. У подальших дослідженнях планується аналіз використання ГБД у хмарних системах та їх інтеграція з онтологічними структурами для оптимізації запитів і підвищення масштабованості [2].

Стратегія подальшого дослідження представлена на рисунку 1, який відображає ключові аспекти теми «Методи управління ГБД». Він містить такі основні розділи.

Типи графових баз даних: Property Graph, RDF і GraphDB, графи на основі Datalog. Це дає можливість дослідити різні типи моделей, які застосовуються для представлення ГБД.

Наявні методи управління: порівняння методів, практичні приклади (включно з соціальними мережами та біомедицинськими дослідженнями), оптимізація запитів для ефективнішої роботи з даними.

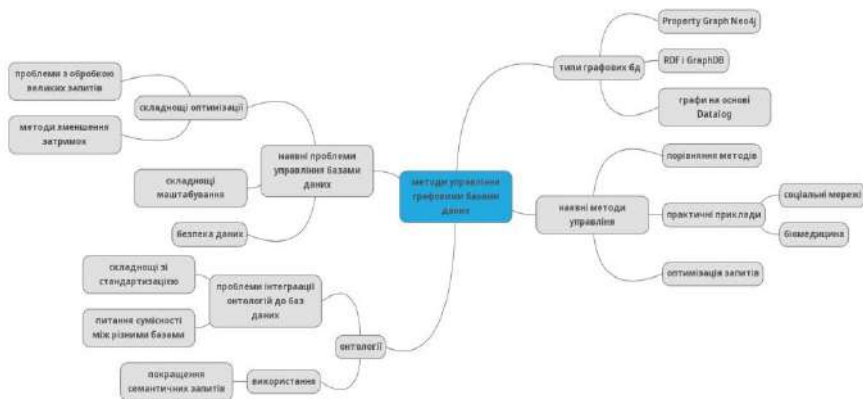


Рисунок 1 – Стратегія подальшого дослідження

Наявні проблеми управління: такі як складнощі оптимізації (обробка великих запитів, зменшення затримок), складнощі масштабування та забезпечення безпеки даних.

Проблеми інтеграції онтологій: стандартизація, сумісність між різними базами, а також покращення семантичних запитів для більш гнучкого використання онтологій у ГБД.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://cambridge-intelligence.com/choosing-graph-database/>
2. <https://linkurious.com/graph-database/>
3. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/57ff8585-6e10-4fba-b220-e5779e33760c/content>
4. <https://dgraph.io/blog/post/data-ontology/>
5. <https://connect-lokesh.medium.com/ontology-driven-kg-construction-part-1-c29f9224dfdc>
6. <https://ceur-ws.org/Vol-3478/paper49.pdf>
7. <http://ujprm.com/index.php/rehabilitation/article/download/9/8>
8. Blankenberg C., et al. Procedia Computer Science, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.019>

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РЯДІВ ФУР'Є ТА СІРИХ МОДЕЛЕЙ

Прогнозування продажів з яскраво вираженою сезонністю є важливою задачею для бізнесу, оскільки точність таких прогнозів безпосередньо впливає на ефективність управління запасами, маркетинговими стратегіями та плануванням ресурсів. Вибір методу прогнозування залежить від характеру даних, їх доступності та складності. Для простих сезонних коливань можуть підійти методи ковзного середнього або експоненціального згладжування. Для більш складних даних із сезонними та несезонними компонентами підходять моделі SARIMA, сірі моделі (Grey Models). Сірі моделі, такі як GM(1,1) або SFHGM(1,1), використовуються для прогнозування, коли дані мають обмежену кількість спостережень і сезонні коливання, ефективні в умовах невизначеності та для малих вибірок даних.

В роботі [1] було запропоновано алгоритм побудови прогнозу продажів для підприємств з яскраво вираженою сезонністю попиту за допомогою апроксимації часових рядів рядами Фур'є. Він, як і сірі моделі, є досить ефективним при створенні прогнозів на основі часових рядів з відносно невеликою кількістю даних та яскраво вираженою сезонністю.

Системи, в яких немає інформації про структуру, механізми роботи, називають сірими системами. Теорія сірих систем (Grey System) була вперше описана в 1982 році в роботі [2]. Теорія сірих систем [3] - це методи вивчення невстановлених проблем з невеликою кількістю даних та поганою інформацією. Часові ряди економічних систем найчастіше мають відносно невелику кількість інформації. Тому такі системи також можна вважати сірими. Основними задачами цієї теорії, зокрема, є задача перетворення невпорядкованих, необроблених даних у регулярні серії, шляхом генерування сірих даних, побудова диференціальної моделі замість різницевої, що використовує невелику кількість даних. Теорія сірих систем дозволяє кількісно оцінювати розпливчасті фактори, які часто використовуються для побудови середньострокових та короткострокових моделей прогнозування [4].

Система сірого прогнозування є важливою частиною сірої теорії. Сіре прогнозування - це метод прогнозування системи, яка містить певну невизначеність. Цей метод генерує регулярну послідовність даних, виявляючи відмінності в тенденціях.

Метою роботи є порівняння двох алгоритмів побудови прогнозу продажів: алгоритм, що ґрунтується на побудові рядів Фур'є та алгоритм, що оснований на використанні сірої моделі SFHGM(1,1), або Seasonal Fractional Grey Model (1,1), яка є розширенням класичної сірої моделі GM(1,1) та дробової сірої моделі FHGM(1,1). В моделі SFHGM(1,1) використовується ковзне середнє для усереднення двох або більше періодів вихідного часового ряду та заміни фактичного значення ряду середнім значенням для згладжування сезонних коливань [5].

Розглянемо два підходи до побудови прогнозу продажів в умовах яскраво вираженої сезонності та при відносно невеликій кількості даних: алгоритм, оснований на побудові рядів Фур'є [1] та моделі SFHGM(1,1) створення прогнозів на основі сірих моделей [5]. Для цього використаємо обсяги продажів реального торгівельного підприємства, яке виробляє трикоштовий одяг та здійснює його оптові продажі за 2020-2023 роки.

Порівняємо прогнози, що отримані за моделлю SFHGM(1,1), та за алгоритмом, викладеним в роботі [1] на основі даних, що були надані торговельним підприємством. На (Рис. 1) показано вихідний часовий ряд, який складається з 48 значень.

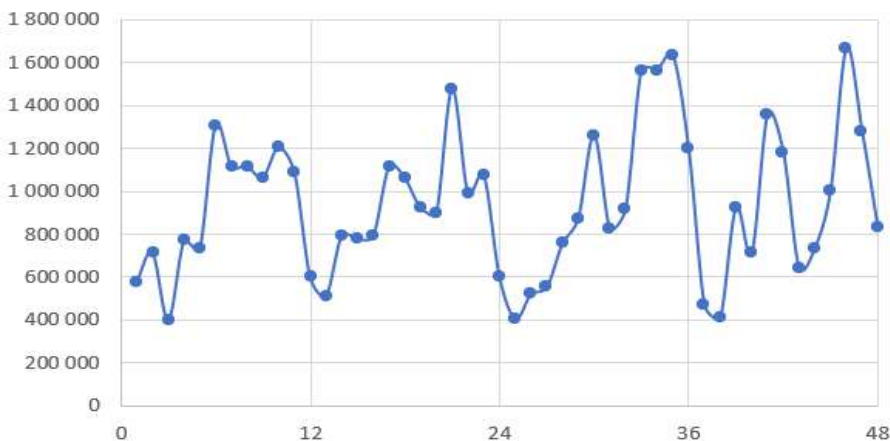


Рисунок 1 – Обсяг продажів торговельного підприємства за 2020-2023 рр.
(грн)

Для цього ряду будемо прогнози двома способами: на базі моделі SFHGM(1,1) [5] та за допомогою алгоритму, оснований на побудові рядів Фур'є [1]. Результати цих прогнозів зображені на Рис. 2 і 3 відповідно.

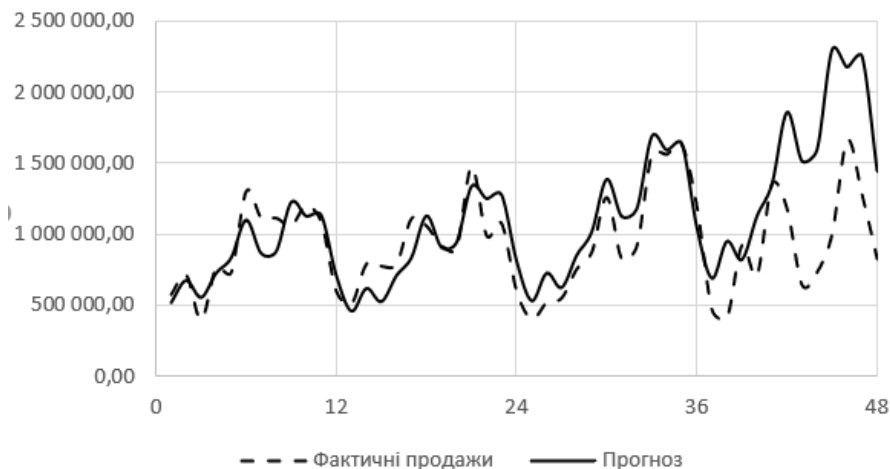


Рисунок 2 – Прогноз продажів торгівельного підприємства за 2020-2023 рр., побудований на основі моделі SFHGM(1,1)



Рисунок 3 – Прогноз продажів торгівельного підприємства за 2020-2023 рр., зроблений за алгоритмом, що ґрунтується на побудові рядів Фур'є

В якості критеріїв для порівняння моделей було обрано наступні види похибок: середня абсолютна похибка (MAE), середня відносна відсоткова похибка (MAPE), середньоквадратична похибка (RMSE). Результати порівняння викладені в Таб.1.

Таблиця 1 – Значення похибок прогнозів

Види похибок	Алгоритмом на основі рядів Фур'є	Модель SFHGM(1,1)
MAPE	10,5	20,17
MAE	90460	170521
RMSE	134716	207106

Аналізуючи дані Табл. 1 можна зробити висновок, що алгоритм, описаний в роботі [1] дає кращий результат, оскільки значення похибок є значно меншими ніж відповідні похибки для моделі SFHGM(1,1). Крім того з Рис.2 можна побачити, що прогнозні дані найбільше відрізняються від фактичних в останній рік досліджуваного періоду. Це відбувається тому, що при побудові прогнозу за моделлю SFHGM(1,1) використовувався тренд для всіх значень часового ряду. В роботі [1] було надано обґрунтування того, що цей тренд недоцільно використовувати для часових рядів, що описують процеси з яскраво вираженою сезонністю, оскільки тренди рядів, що починаються в різні місяці року, можуть принципово відрізнятися один від одного, незважаючи на те, що досліджується один і той самий ряд. При побудові прогнозу для таких рядів пропонується використовувати тренд, знайдений для річних значень продажів, що і було використано в алгоритмі, викладеному в роботі [1].

Метою подальших досліджень вважаємо вдосконалення алгоритму побудови прогнозу продажів шляхом поєднання двох методів, описаних в даній роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савранська, А.; Шевчук, М. (2023). Прогнозування економічних показників торгівельного підприємства з урахуванням сезонності продажів. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. 1. DOI: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1>
2. Deng Julong (1982a). Control problems of Grey Systems. Systems and Control Letters, 5, 288-94.
3. Cao Yanying (1987). Modelling for grey forecasting of calamities in geography. Youthgeograph, 2, 6-11
4. D. Julong, "Introduction to grey system theory," The Journal of grey system, V. 1, no. 1, pp. 1–24, 1989.
5. Chen, Y., Wang, H., Li, S., Dong, R. A Novel Grey Seasonal Model for Natural Gas Production Forecasting. Fractal Fract. 2023, 7, 422. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7060422>

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ІНЦИДЕНТІВ В АВІАЦІЇ: ARIMA-МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОВГОСТРОКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Авіаційна галузь є критично важливою для глобальної мобільності, однак її безпека залишається основним викликом через складність технічних систем і потенційні ризики інцидентів. Використання ARIMA-моделей у дослідженнях дозволяє проводити аналіз довгострокових трендів, виявляючи залежності даних про технічні несправності за минулі роки. Це допомагає розробляти заходи для зниження ризиків та запобігання аваріям. Завдяки здатності обробляти складні часові ряди, ARIMA інтегрується у системний підхід, який враховує взаємодію технічних, людських і екологічних факторів.

Мета даної роботи полягає у проведенні системного аналізу інцидентів в авіації за допомогою ARIMA-моделі, використовуючи багаторічні дані для прогнозування та мінімізації технічних ризиків, що впливають на безпеку польотів.

Аналіз часових рядів є одним з ключових методів для роботи з даними, що змінюються в часі, особливо у сферах, де потрібне прогнозування тенденцій або оцінка ризиків. Застосування моделей, таких як ARIMA, є класичним підходом, який дозволяє ефективно працювати зі стаціонарними часовими рядами завдяки поєднанню авторегресивних компонентів (AR), ковзного середнього (MA) і інтегрування для корекції нестационарності.

У сучасній науковій літературі розглядаються як традиційні підходи до аналізу часових рядів, так і інноваційні комбінації моделей ARIMA з методами машинного навчання. Наприклад, у роботі [1] підкреслено, що ARIMA добре справляється із сезонними змінами в даних, а також ефективно моделює короткострокові тенденції. Робота [2] описує порівняння цієї моделі з нейронними мережами, які краще враховують нелінійні взаємозв'язки, але потребують більше даних і складніші у налаштуванні. Особливий інтерес викликає поєднання ARIMA з іншими методами, наприклад, SARIMA для сезонних даних [3], чи гібридні підходи, що інтегрують ARIMA з LSTM-мережами для довгострокового прогнозування, про що йдеться в [4]. Це дозволяє покращити точність прогнозів у галузях, де дані мають складну структуру. Зокрема, у сфері авіації ARIMA може використовуватися для аналізу технічних інцидентів, прогнозування частоти несправностей, а також для виявлення аномалій у часових рядах, що описують параметри польотів. У

[5] показано, як часові ряди з даними про інциденти допомагають розробляти стратегії для запобігання аваріям.

Проведений аналіз робіт вказує на наявність невирішених проблем, пов'язаних з ризиками в авіації, що виникають через технічні неполадки. Однією з таких є прогнозування рідкісних подій, оскільки серйозні несправності трапляються нечасто, і тому важко побудувати точні прогнози для таких випадків. Крім того, нестационарність даних, тобто наявність трендів, є поширеною проблемою, оскільки більшість моделей вимагають, щоб дані були стабільними з часом. Існує також проблема обробки пропусків у даних, оскільки реальні набори часто містять відсутні значення. Використання моделі ARIMA дозволяє вирішити ці проблеми, оскільки вона добре підходить для прогнозування нестационарних часових рядів за допомогою попереднього диференціювання. Для рідкісних подій ARIMA здатна виявляти приховані закономірності, навіть коли ці події виникають нечасто. Крім того, ARIMA дозволяє працювати з пропущеними даними, застосовуючи відповідні техніки для їх інтерполяції. Тому ця модель може забезпечити точніші прогнози технічних несправностей в авіації.

Нами використана статистика інцидентів із залученням літаків Boeing 737 (усіх модифікацій) з 2009 по 2024 роки [6]. Дані базуються на доступній інформації та відображають загальну кількість інцидентів, а також ті випадки, причиною яких стали технічні несправності. Для оцінки трендів та виділення основних факторів ризику задіяно модель ARIMA. Розрахунки виконано за допомогою розробленого та реалізованого в MATLAB алгоритму, який включає наведені нижче етапи.

Етап 1. Завантаження даних.

Етап 2. Графічний аналіз. На цьому етапі створюються два графіки: перший показує зміни загальної кількості інцидентів по роках, другий – кількість технічних інцидентів по роках. Це дозволяє візуально оцінити тренди та коливання в даних.

Етап 3. Перевірка на стаціонарність. Для кожного з рядів (загальних і технічних інцидентів) виконується перевірка на стаціонарність за допомогою тесту Діккі-Фуллера. Якщо p -значення більше 0.05, то ряд не є стаціонарним (має тенденцію до зміни середнього чи варіації з часом).

Етап 4. Диференціація. Якщо дані не стаціонарні, то застосовується диференціація (різниця між поточним і попереднім значенням). Диференціація використовується для усунення тренду і забезпечення стаціонарності ряду.

Етап 5. Аналіз автокореляції. Цей процес дозволяє оцінити залежність між значеннями в часі, тобто, чи є кореляція між поточними і попередніми значеннями.

Етап 6. Побудова та оцінка моделей ARIMA. Створюються моделі ARIMA (0,1,1) для кожного з рядів.

ARIMA(0,1,1) означає модель без авторегресії, з одиничним диференціюванням і одним коефіцієнтом для ковзного середнього. Моделі оцінюються за допомогою методу максимальної ймовірності, і на основі цих моделей здійснюється прогноз на 5 років вперед для кожного ряду (загальних і технічних інцидентів).

Етап 7. Візуалізація прогнозу. Прогнозовані значення накладаються на дані і виводяться на графіках для кожного з рядів. Результати роботи програми наведені на рис. 1-3 і таблицях 1, 2.

На основі графічного аналізу (рис.1) робимо висновки: загальна кількість інцидентів за роками має тенденцію до зниження, з піками у 2012 і 2016 роках, інциденти через технічні несправності також зменшуються, з найбільшими показниками у 2012 і 2016 роках. Рис. 2 демонструє залежність між значеннями інцидентів у різні роки. Є видимі піки на різних лагах, що вказує на певну кореляцію між даними в різні роки. Це означає, що поточні показники інцидентів можуть бути пов'язані з попередніми роками, що вимагає моделювання за допомогою часових рядів для точних прогнозів. Також виявлено стабільність або повторюваність проблем з технікою в часі. Автокореляція для обох серій показує наявність деякої залежності, що підтверджує потребу у використанні моделей часових рядів для прогнозування.



Рисунок 1 – Гістограми частот кількості інцидентів

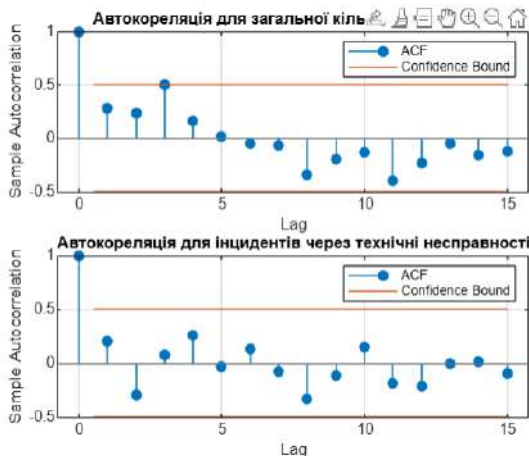


Рисунок 2 – Автокореляція для кількості інцидентів

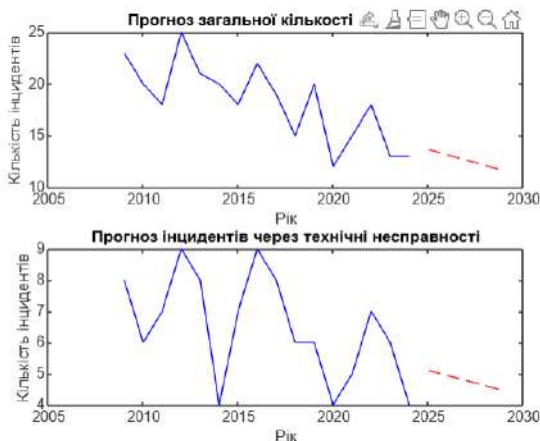


Рисунок 3 – Прогноз кількості інцидентів.

На рис. 3 продемонстровано прогноз кількості загальних та технічних інцидентів на наступні 5 років (2025-2029). Червона пунктирна лінія показує прогнози, які залишаються стабільними на рівні 14.33 загальних і 5.58 технічних інцидентів на рік. Це підтверджує, що модель ARIMA передбачає стабільну кількість інцидентів, без значних змін у майбутньому.

Тест Діккі-Фуллера для загальної кількості інцидентів має р-значення 0.96, що вказує на відсутність стаціонарності. Тест для технічних інцидентів має р-значення 0.15, що також свідчить про відсутність стаціонарності. Це

означає, що дані не є стаціонарними, тому застосовано диференціювання. Після диференціювання дані стали більш стабільними для подальшого аналізу, однак, через відсутність істотних змін у тренді, було прийнято використовувати модель ARIMA.

Моделі ARIMA(0,1,1) для обох серій були оцінені (табл.1,2), і прогнози для наступних 5 років показують наступні результати: прогноз для загальної кількості інцидентів: 14.33 (для кожного року прогнози однакові), прогноз для інцидентів через технічні несправності: 5.58 (також постійний прогноз).

Таблиця 1 – ARIMA(0,1,1) Model (Gaussian Distribution)

	Value	StandardError	TStatistic	PValue
Constant	-0.5185	0.12553	-4.1305	3.6194e-05
MA{1}	-1	0.29097	-3.4368	0.00058864
Variance	6.0244	4.1263	1.46	0.1443

Таблиця 2 – ARIMA(0,1,1) Model (Gaussian Distribution)

	Value	StandardError	TStatistic	PValue
Constant	-0.16087	0.03973	-4.0492	5.1399e-05
MA{1}	-1	0.34835	-2.8707	0.0040961
Variance	1.9893	1.1004	1.8078	0.070643

Загальна кількість інцидентів в майбутньому, згідно з прогнозом ARIMA, залишатиметься стабільною на рівні 14-15 інцидентів на рік. Інциденти через технічні несправності також, ймовірно, залишатимуться на рівні близько 5-6 інцидентів на рік, без значних змін. Відсутність значних змін у трендах вказує на стабільність ситуації в області технічних несправностей. Подальші кроки повинні включати моніторинг і дослідження можливих факторів, що можуть впливати на ці стабільні показники, наприклад, технічні інновації або зміни у стандартах безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kontopoulou, V.I., Panagopoulos, A.D., Kakkos, I., & Matsopoulos, G.K. "A Review of ARIMA vs. Machine Learning Approaches for Time Series Forecasting in Data Driven Networks." Future Internet, 2023. doi:10.3390/fi15080255.
2. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. "Forecasting: Principles and Practice." OTexts, 2021.
3. Adhikari, R., & Agrawal, R.K. "An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting." LAP Lambert Academic Publishing, 2013. doi:10.48550/arXiv.1302.6613.

4. Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. "Time Series Analysis: Forecasting and Control." Prentice Hall, 2015.
5. Chatfield, C. "The Analysis of Time Series: An Introduction." CRC Press, 2016.
6. Aviation Safety Network: <https://asn.flightsafety.org/>

УДК 519.004

Семенюта М.Ф.¹, Осадчий С.І.², Чесак О.³

1 доц. Центральноукраїнського національного технічного університету

2 проф. Української державної льотної академії

3 студ. Української державної льотної академії

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЮ БПЛА

У сучасному світі ефективний моніторинг територій відіграє ключову роль у таких сферах, як екологічний контроль, реагування на надзвичайні ситуації та безпека. Використання рою дронів відкриває нові можливості для автоматизації цих процесів, зокрема завдяки їхній здатності охоплювати великі площі за короткий час. Проте ефективна координація та планування траєкторій залишаються складними задачами, вирішення яких потребує системного підходу.

Метою даної роботи є аналіз і розробка способів оптимізації маршрутів для рою дронів з позиції системного аналізу, спрямованих на забезпечення повного покриття території без дублювання зон і мінімізацію часу польоту.

Ми провели дослідження методів управління роєм дронів для моніторингу зон з точки зору оптимізації маршрутів. Виділимо кілька підходів, які дозволяють вирішити проблему уникнення дублювання зон. Один із них є метод просторового розбиття, що дозволяють поділити територію на підзони, таким чином мінімізуючи перетини зон спостереження дронів [1]. Регулярна сітка дозволяє рівномірно розбити територію на квадрати чи гекси, забезпечуючи систематичне покриття [1], [2]. Використання діаграми Вороного сприяє оптимальному розподілу зон між дронами на основі їх початкового розташування [3], [4]. Алгоритми кластеризації за центроїдами групують території за певними параметрами [5], [6]. Алгоритми декомпозиції полігонів, такі як триангуляція Делоне, дозволяють працювати зі складними формами зон [7]. Ієрархічний підхід ефективно структурує процес моніторингу великих територій [5], [2].

Іншим важливим підходом є модель флокінгу, що базується на локальній взаємодії між дронами для підтримки оптимальних відстаней між ними і уникнення зіткнень [8]. Модель флокінгу імітує поведінку природних

груп, таких як зграї птахів або косяки риб, і базується на трьох ключових правилах: утримання формації, уникнення зіткнень та узгодження напрямку руху. Цей підхід забезпечує автономну координацію рою без необхідності централізованого управління [9-12]. Дрони адаптують свої траєкторії на основі локальної інформації, враховуючи відстань до сусідніх дронів та перешкод. Проте ця модель не завжди враховує розподіл території, що може призвести до дублювання зон спостереження.

Також використовуються алгоритми маршрутизації, зокреми A*, Дейкстри та комівояжера, з їх допомогою будуються оптимальні маршрути для дронів. Проте їх застосування у великих масштабах потребує значних обчислювальних ресурсів через складність розв'язування задачі [13], [14].

Розподілені алгоритми, які дають можливість кожному дрону приймати локальні рішення на основі отриманих даних, є ефективними в динамічних умовах [13], [15]. Однак відсутність централізованого контролю може призвести до проблем з координацією між дронами, що впливає на загальну ефективність рою.

Пропонуємо модифікацію алгоритму обльоту зони спостереження на основі поєднання алгоритмів Вороного та флокінгу для виявлення аномальних джерел тепла. Спочатку алгоритм Вороного ділить зону моніторингу на полігони, закріплені за кожним дроном на основі початкових координат. У межах кожного полігону будується оптимальна траєкторія, наприклад, у вигляді зигзагоподібного маршруту. Алгоритм флокінгу забезпечує координацію дронів, уникаючи зіткнень і синхронізуючи їхні дії. Камери та тепловізори фіксують аномалії тепла, після чого маршрути автоматично коригуються з урахуванням нових даних, дотримуючись правил флокінгу для адаптації до змін.

Опис алгоритму здійснимо для конкретного прикладу. Для проведення симуляцій координації рою дронів та оптимізації маршрутів використали інструменти MATLAB. Розглянемо задачу, що полягає в розбитті зони моніторингу, яку обробляють 4 дрони, для виявлення осередків пожеж з використанням алгоритмів Вороного і флокінгу. Для її рішення передбачається кілька етапів.

Етап 1. Розбиття зони за допомогою алгоритму Вороного

Для цього використовуємо функцію `voronoi` в MATLAB, яка на основі початкових координат дронів генерує полігони, що описують зони відповідальності кожного дрону.

```
dron_coords = [1 1; 3 5; 6 2; 8 7]; % координати 4 дронів
% Генерація діаграм Вороного
[vx, vy] = voronoi(dron_coords(:,1), dron_coords(:,2));
% Виведення на графік
figure;
```

```
plot(vx, vy, 'b'); % лінії Вороного
hold on;
```

```
plot(dron_coords(:,1), dron_coords(:,2), 'ro'); % координати дронів
```

Етап 2. Планування маршруту зигзагоподібним методом

Планування шляху всередині кожної зони (полігона) здійснюється за допомогою алгоритму зигзагоподібного сканування. Для цього потрібно визначити початкові та кінцеві точки для маршруту кожного дрону.

```
% Приклад шляху зигзагоподібного сканування для одного дрону
x_start = 1; x_end = 8;
y_start = 1; y_end = 7;
num_steps = 10; % кроки в межах зони
% Створення координат для зигзагоподібного шляху
x_path = linspace(x_start, x_end, num_steps);
y_path = y_start + (mod(1:num_steps,2) * 2 - 1) * (y_end - y_start) / 2;
% Виведення маршруту на графік
plot(x_path, y_path, 'g-');
```

Етап 3. Алгоритм флокінгу

Алгоритм флокінгу регулює рух дронів, забезпечуючи взаємодію і коригування траєкторій. Для простоти, використовуємо наступну модель флокінгу, що обмежує відстань між дронами.

```
num_drones = size(dron_coords, 1);
flock_radius = 1; % максимальна відстань для взаємодії
% Розрахунок відстаней між дронами
for i = 1:num_drones
    for j = i+1:num_drones
        dist = norm(dron_coords(i,:) - dron_coords(j,:));
        if dist < flock_radius
            % Коригуємо траєкторії для уникнення зіткнень
            direction = (dron_coords(i,:) - dron_coords(j,:)) / dist;
            dron_coords(i,:) = dron_coords(i,:) + direction * 0.1;
            dron_coords(j,:) = dron_coords(j,:) - direction * 0.1;
        end
    end
end
```

Етап 4. Збір даних і коригування маршрутів

При виявленні аномалії (наприклад, теплових джерел), дрони коригують свої маршрути. Для цього можна використовувати датчики та тепловізори на борту дронів. У MATLAB можна відобразити ці зміни на графіку.

```
% Симуляція виявлення аномалії (вогнища)
```

```
fire_location = [5, 5]; % місце вогнища
```

```
fire_detected = true; % змінна, що вказує на виявлення вогнища
```

```

if fire_detected
    for i = 1:num_drones
        % Перевірка на близькість до вогнища
        if norm(dron_coords(i,:) - fire_location) < flock_radius
            % Коригуємо траєкторію дронів у напрямку до вогнища
            direction = (fire_location - dron_coords(i,:)) / norm(fire_location -
dron_coords(i,:));
            dron_coords(i,:) = dron_coords(i,:) + direction * 0.5;
        end
    end
end
end
Результат, що виводиться після застосування коду представлено на рис.1

```

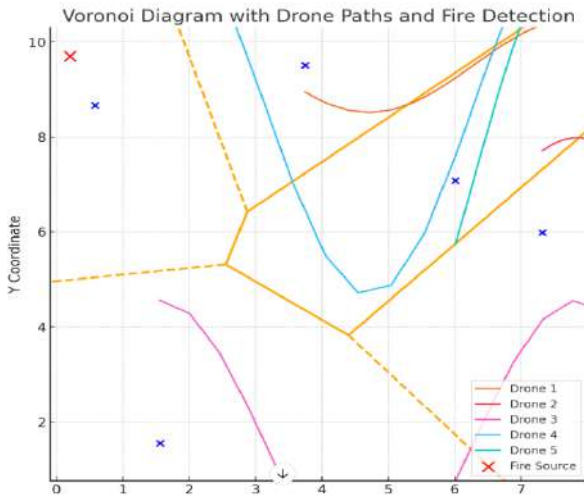


Рисунок 1 – Візуалізація обліту зони рою з 4 дронів.

На рис. 1 відображається сітка Вороного (оранжеві лінії), позиції дронів (сині точки) на початку їхнього маршруту; зигзагоподібні траєкторії руху дронів (лінії, що проходять через кожен точку). Місце вогнища (червона точка), яке є випадковим ілюстративним місцем для виявленої аномалії, що вимагає коригування маршрутів. В результаті кожен дрон має свою зону відповідальності, розбиту за допомогою алгоритму Вороного, і виконує оптимізоване сканування зигзагоподібним маршрутом. Алгоритм флокінгу координує рух дронів для уникнення зіткнень і коригування траєкторій в реальному часі на основі нових даних (наприклад, при виявленні вогнищ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Best, G., Faigl, J., & Fitch, R. "Coverage planning with guaranteed collision avoidance for UAVs." *IEEE Transactions on Robotics*, 2018, pp. 234–249. doi:10.1109/TRO.2018.2876317.
2. Almeida, J., et al. "Cooperative UAV area coverage using a hexagonal cell decomposition method." *Sensors*, 2021, pp. 1234–1250. doi:10.3390/s21123456.
3. Patel, M., & Chauhan, J. "Voronoi-based zone division for autonomous UAV path planning." *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2020, pp. 75–92. doi:10.1007/s10846-020-01212-3.
4. Yanmaz, E., & Guvensan, M. "Area coverage with UAV swarms: Voronoi-based deployment and routing." *Ad Hoc Networks*, 2021, pp. 189–203. doi:10.1016/j.adhoc.2020.102189.
5. Maza, I., & Ollero, A. "Multiple UAV cooperative searching operation using polygon area decomposition and allocation." *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2017, pp. 115–122. doi:10.1109/ICRA.2017.7988929.
6. Dharmarajan, K., & Bhat, S. "Coverage path planning using grid-based and Voronoi partitioning methods for UAVs." *IEEE Access*, 2019, pp. 345–359. doi:10.1109/ACCESS.2019.2921237.
7. Tokekar, P., Hook, J., & Isler, V. "Polygon decomposition for coverage with mobile robots." *Autonomous Robots*, 2016, pp. 339–356. doi:10.1007/s10514-016-9593-7.
8. Reynolds, C. W. *"Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model."* SIGGRAPH '87.
9. Yang, L., Zhang, Y. *"A bio-inspired swarm intelligence model for UAV flocking control."* *Sensors*, 2019.
10. Evers, L., Smeur, E. *"Distributed flocking with fixed-wing drones: Theory and experiments."* *International Journal of Robotics Research*, 2020.
11. Zheng, W., Li, G. *"Multi-UAV cooperation based on flocking algorithm in unknown environments."* *Aerospace Science and Technology*, 2020.
12. K. Arvin et al. "Decentralized Flocking Control for Multi-UAV Systems with Obstacle Avoidance." *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2022. DOI:10.1007/s10846-022-01497-y.
13. Ahmad F. Hawary, Felipe Gonzalez. "A Review of UAV Path-Planning Algorithms and Obstacle Avoidance Methods for Remote Sensing Applications." *Remote Sens.* 2024, 16(21), 4019. DOI:10.3390/rs16214019.
14. E. Papageorgiou et al. "Flocking Algorithms for UAV Swarms: A Survey and Evaluation." *IEEE Access*, 2023. DOI:10.1109/ACCESS.2023.3294476.
15. C. Liu, X. Zhang. "Survey on Dynamic Task Assignment for Multi-Robot Systems." *Applied Sciences*, 2023. DOI:10.3390/app132412345.

EVALUATING EVOLUTIONARY APPROACHES FOR THE TWO-STAGE LOCATION-ACTIVATION PROBLEM

Introduction. The events of recent years have revealed some significant loopholes in our medical logistics system that need to be addressed. The pandemic of the year 2020 demonstrated its weakness, and the need for medicines and vaccines grew many times. It showed how difficult it is to deliver supplies rapidly to the places where they are needed most during an emergency. After that, in 2022, there came the full-scale invasion, and it took things from bad to worse, compelling us even further to increase the flow of medical supplies towards humanitarian assistance. A great deal of increased demand pressure was added to an already weak system that demonstrated how vital it is to have a working logistics framework in place to cater to the emerging needs in a crisis. These episodes have illustrated an acute need for reevaluating and enhancing the processes related to the storage and transportation of medical products. Such practices are particularly required when the country is affected by conflicts. The practical problem statement and logistics aspect of our problem is shown in Fig. 1.

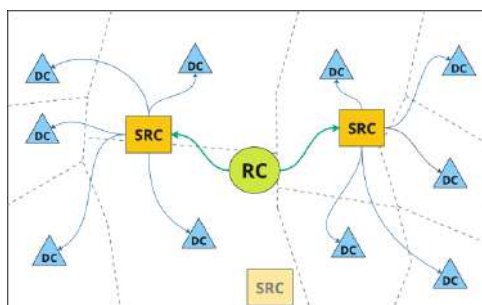


Figure 1 – Logistics problem visualization

Every region has a certain number of regional centers (RCs), some distribution centers (DCs), and subregional centers (SRCs), which serve as middle redistribution points. The general management of supply chain processes is performed by the regional centers (RCs); the transfer of supplies from the RCs to the SRCs is conducted and then to the distribution centers (DCs). Not all SRCs are

activated due to resource constraints such as fuel, vehicles, or other expenses. The focus is on providing timely service and minimizing costs simultaneously. Similar problems are researched in terms of two-stage continuous-discrete problems [1]. Let's describe our mathematical model [2] corresponding to the practical problem statement.

$$\min_{\theta(\cdot) \in \Theta, \tau^I \in \Omega^N, v \in R_{NM}^+} \sum_{j=1}^M A_j \theta_j + \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} c_i^I(x, \tau_i^I) \rho(x) dx + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} v_{ij}^I, \quad (1)$$

under the constraints:

$$\sum_{j=1}^M v_{ij}^I \theta_j = \int_{\Omega_i} \rho(x) dx, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N v_{ij}^I \leq b_j^I, \quad \sum_{j=1}^M \theta_j \leq L, \quad j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

$$\bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, \quad \text{mes}(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad (4)$$

$$v_{ij}^I \geq 0, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad \theta_j \in \{0; 1\}, \quad j = \overline{1, M}, \quad (5)$$

$$\tau^I = (\tau_1^I, \tau_2^I, \dots, \tau_N^I), \quad \tau^I \in \Omega^N. \quad (6)$$

where: Ω – customer distribution area; Ω_i – customer service for i -th DC, $i = \overline{1, N}$; N – the required number of DCs; M – the total number of SRCs available for activation; L – the maximum number of possible activated SRCs; J – set of subregional centers available for activation; b_i^I – demand of the i -th DC, $i = \overline{1, N}$; b_j^I – capacity of the j -th SRC, $j = \overline{1, M}$; A_j – activation costs for j -th SRC; $c_i^I = c(x, \tau_i^I)$ – transportation cost between DC i and customer at x ; $c_{ij} = c(\tau_i^I, \tau_j^I)$ – transportation cost between SRC (τ_j^I) and DC (τ_i^I); $\rho(x)$ – demands from medicines in point x of the area Ω ; $\tau_i^r = (\tau_{i1}^r, \tau_{i2}^r)$ – coordinates of DC ($r=I$) or SRC ($r=II$); v_{ij}^I – the volume weight units number of medicines and medical equipment transported from SRC j to DC i ; $\theta_j = 1$, if SRC j is activated; $\theta_j = 0$, otherwise.

Solution approach. We propose to utilize the combination of evolutionary theory and optimal set partition theory to solve our problem. We have two interconnected stages: our solution is initially represented as a permutation vector

(vector of priorities) [3] that can be encoded and decoded as a transportation plan. The initial solution will be a randomly generated vector. We have fixed but not activated SRCs for this vector, and we need to locate the DCs as their positions are unknown in advance. The location process runs during solution evaluation when we need to obtain fitness function value. To determine the final transportation plan combination, we utilize evolutionary algorithms. This work aims to compare different evolutionary algorithms applicable to the current problem. We will compare these approaches: genetic algorithm (GA), particle swarm optimization (PSO), and ant colony optimization. To simplify the comparison, we compiled Table 1 to describe the differences between the approaches.

Table 1 – Comparison of different evolutionary approaches

Evolutionary Stage	Genetic Algorithm (GA)	Particle Swarm Optimization (PSO)	Ant Colony Optimization (ACO)
Population type	Randomized vectors of permutations		
Representation	Priority-based encoding of transportation tasks.		
Fitness Evaluation	Location of centers using optimal partition theory and calculation of fitness function.		
Selection	Roulette wheel selection.	Implicit in global best and local best strategies.	Ants probabilistically select paths based on pheromone concentration and heuristic information.
Reproduction	Weight Mapping Crossover.	Swap-based velocity, influenced by inertia, cognitive and social components.	Ants lay pheromone trails, with pheromone update influenced by solution quality and pheromone evaporation.
Diversity Maintenance	Dynamically adjusted mutation rate with two types of mutations (insertion and swap mutations).	Exploration encouraged by swap-based velocity updates derived from personal and global best.	Exploration is encouraged by pheromone evaporation and heuristic guidance during path selection.
Termination Condition	Fixed number of generations or fitness threshold met.		

We will run some experiments to solve model tasks using different evolutionary approaches (GA, PSO, ACO). The problems will have sizes: 4x10, 7x20, 10x25, 12x30, 15x35. As random plays a crucial role during the solution, we will rerun each experiment 20 times and find the average value for these parameters: algorithm execution time and fitness function value. The obtained results are shown in Fig. 2, 3.

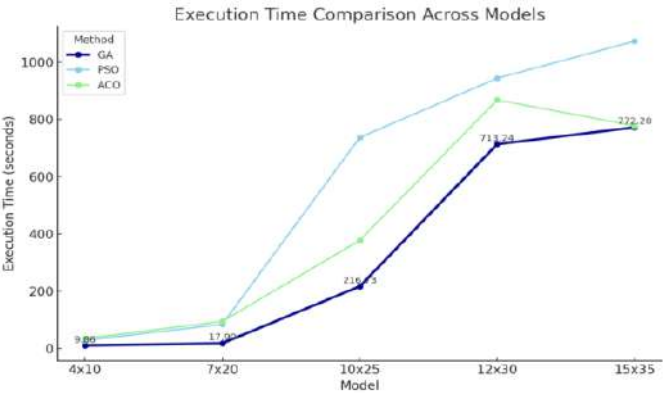


Figure 2 – Execution time for different evolutionary approaches

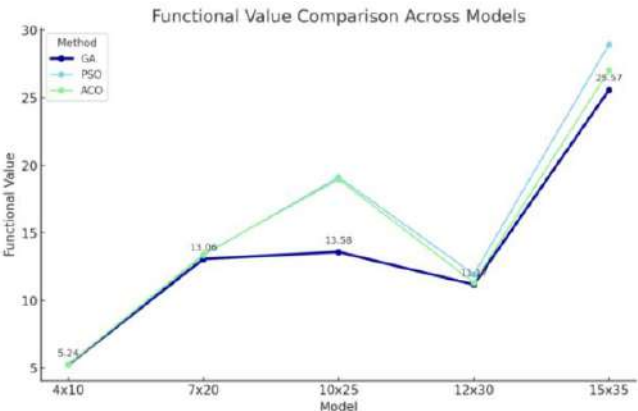


Figure 3 – Functional value for different evolutionary approaches

Conclusions. In this paper, we highlighted the importance of further improvements for a medical system at the regional level. We described a practical problem statement and mathematical model corresponding to the problem. At one of the solution stages, we utilize the evolutionary approach. To determine the best

one, our goal in this research is to compare genetic algorithms, particle swarm optimizations, and ant colony optimization. We defined a table of differences between the used approaches and ran some experiments to validate each evolutionary method during problem-solving. The results shown in Fig. 2 and 3 confirm that the GA approach outperforms PSO and ACO in both execution time and distance to the local optimum.

REFERENCES

1. Two-stage problems of optimal location and distribution of the humanitarian logistics system's structural subdivisions / L. S. Koriashkina et al. *Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2024. No. 1. P. 130–139. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/130> (date of access: 15.10.2024).
2. Serhieiev O. S., Us S. A. Modified genetic algorithm approach for solving the two-stage location problem. *Radio electronics, computer science, control*. 2023. No. 3. P. 159. URL: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-3-16> (date of access: 15.10.2024).
3. Gen M., Altiparmak F., Lin L. A genetic algorithm for two-stage transportation problem using priority-based encoding. *OR spectrum*. 2006. Vol. 28, no. 3. P. 337–354. URL: <https://doi.org/10.1007/s00291-005-0029-9> (date of access: 15.11.2023).

УДК 519.7

Смішко О. А.¹

¹ асп. гр. А-124.13 НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МНОЖИНИ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОЄКТІВ УПРАВЛІННЯ ГРОШОВИМИ ПОТОКАМИ

Управління грошовими потоками є ключовим елементом фінансового управління будь-якого підприємства. Проблема управління грошовими потоками виникає регулярно оскільки підприємства постійно стикаються з необхідністю збалансування надходжень і витрат, а також плануванням грошових потоків у короткострокових та довгострокових перспективах.

Частота виникнення проблем управління грошовими потоками залежить від специфіки бізнесу, економічних умов та від особливостей управління компаніями. Проблеми управління грошовими потоками можуть посилюватися через зміни ринкових умов, внутрішні фактори або ж через неефективне управління ресурсами. З традиційних шляхів вирішення цих проблем можна виділити такі: бюджетування та прогнозування, аналіз фінансового стану, управління дебіторською і кредиторською заборгованістю, оптимізація витрат.

Окремі питання дослідження множини альтернатив проєктів управління грошовими потоками визначені в багатьох дослідженнях. Дослідники використовують методи багатокритеріальної підтримки прийняття рішень (MCDA), серед яких метод ELECTRE (Elimination Et Choice Translating Reality) є одним з провідних. Наприклад, у роботі Amiri, Nosrati, Jamshidi, and Kazemi [1], метод ELECTRE використовувався для оцінки ефективності банківських відділень на основі фінансових показників. Bilich and da Silva [2] застосовували ELECTRE TRI для оцінки та оптимізації управління інтелектуального капіталу компаній. Дослідження Augusto, Lisboa, Yasin, and Figueira [3] стосувалося ранжування ефективності португальських фірм у різних економічних секторах за допомогою ELECTRE III на основі 12 критеріїв.

Метод ELECTRE належить до методів ранжування альтернатив і базується на принципі попарного порівняння варіантів за кількома критеріями. Основна ідея полягає в побудові відношення переваги між альтернативами на основі конкордансних і дискордансних індексів, що враховують, наскільки одна альтернатива краща за іншу за певними критеріями. Для кожної пари альтернатив визначається, яка з них є «не гіршою», з урахуванням встановлених порогів індексу конкордансу та індексу дискордансу. Метод ELECTRE є ефективним для роботи з множиною критеріїв, особливо коли вони мають конфліктний характер, що дає змогу приймати зважені рішення навіть в умовах невизначеності [4].

При постановці багатокритеріальної задачі управління грошовими потоками треба врахувати кілька важливих аспектів пов'язаних з різними проєктами та критеріями їх оцінювання.

Серед проєктів можна виділити такі:

- проєкти спрямовані на оптимізацію операційних процесів які включають автоматизацію, реорганізацію бізнес процесів, впровадження нових стратегій;
- проєкти які фокусуються на скороченні витрат, які не приносять безпосередньої користі компанії. Можуть включати проєкти з оптимізації витрат на сировину, електроенергію, логістику або адміністративні витрати;
- проєкти пошуку додаткових фінансових ресурсів або можливостей для підвищення прибутковості.

Критерії оцінювання проєктів:

- вартість реалізації проєкту. Це один з головних фінансових критеріїв, який охоплює всі витрати на впровадження проєкту (капітальні та операційні);
- необхідність розробки та впровадження нових ІТ-систем для підтримки або автоматизації процесів у межах проєкту, що охоплює вартість

та час розробки, сумісність з наявними системами та складність впровадження;

- швидкість окупності вкладених грошей. Проекти з коротким періодом окупності є більш привабливими, оскільки вони знижують фінансові ризики;

- кадрове забезпечення реалізації проекту. Може охоплювати кількість працівників, вимоги до їхньої кваліфікації та потребу в додатковому навчанні або наймі.

Для вирішення задачі знаходження та ранжування проектів, що покращують управління грошовими потоками підприємства з урахуванням описаних проектів та критеріїв можна використовувати метод ELECTRE або інші методи багатокритеріальної оптимізації, де кожен проект оцінюється за заданими критеріями, а кінцевий вибір базується на їхньому ранжуванні та аналізі домінування. При цьому критерії можуть бути як кількісними, так і порядковими.

Приклад реалізації методу ELECTRE було здійснено мовою ABAP у середовищі SAP. Це дає можливість інтегрувати багатокритеріальний підхід до управління грошовими потоками безпосередньо в інфраструктуру підприємства, яке використовує рішення SAP. Використання ABAP забезпечує можливість автоматизації процесу вибору найкращого проекту з мінімальними витратами ресурсів, інтеграцією з наявними модулями SAP та підвищенням загальної ефективності процесу прийняття рішень.

Таблиця 1 – Приклад таблиці критеріїв для оцінювання проектів

Критерій	Вага	Шкала	Код	Стрм.	Чс. знч
Вартість реалізації пр.	5	\$1-11k/\$11-16k/\$16-22k/\$22-29k/\$29-37k	10/15/20/25/30	Min	10/15/20/25/30
Програмне забезпечення реалізації пр.	4	Висока/Середня/Низька	Ca/Cb/Cc	Max	1/0.5/0
Швидкість окупності вкладених грошей у пр.	3	Швидка/Помірна	Va/Vb	Max	1/0.5
Кадрове забезпечення реалізації пр.	3	Повне/Часткове	La/Lb	Max	1/0.5

Таблиця 2 – Приклад таблиці оцінок проєктів за критеріями

Проект управління ГП	Вартість реалізації пр.	Програмне забезпечення реалізації пр.	Швидкість окупності вкладених грошей у пр.	Кадрове забезпечення реалізації пр.
1	30	Ca	Va	La
2	25	Ca	Vb	La
3	25	Cb	Va	La
4	20	Cb	Va	Lb
5	20	Cb	Vb	La
6	20	Cc	Va	La
7	10	Cc	Vb	Lb

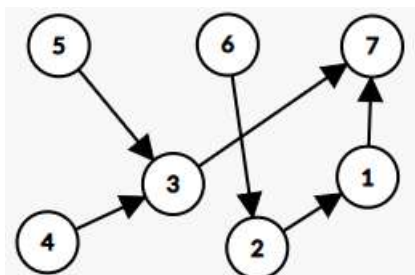


Рисунок 1 – Схематичний вигляд графа переваг.

Очікуваний ефект від впровадження цього підходу полягає в тому, що за допомогою методу ELECTRE буде обрано найбільш ефективний проєкт управління грошовими потоками.

Метод ELECTRE може бути рекомендований до використання на підприємстві для вирішення задач управління грошовими потоками. Його здатність враховувати множинні критерії та опрацьовувати конфліктні варіанти робить його ефективним інструментом у прийнятті складних фінансових рішень за наявності слабо структурованих альтернатив. Впровадження цього методу в SAP дозволить підприємству автоматизувати процеси вибору найкращих проєктів і підвищити загальну конкурентоспроможність. Завдяки використанню аналітичних інструментів SAP, підприємство зможе приймати рішення, засновані на глибокому аналізі наявних даних, що мінімізує ризики та підвищує точність вибору.

Наукова новизна роботи полягає у поширенні методу ELECTRE на вирішення проблем управління грошовими потоками та реалізацію в середовищі SAP. Це відкриває нові можливості для підвищення ефективності

фінансового управління завдяки використанню сучасних інформаційних технологій.

Подальші дослідження будуть спрямовані на порівняння методу ELECTRE з іншими багатокритеріальними методами прийняття рішень, такими як PROMETHEE або АНР, зокрема для випадків різних за структурованістю альтернатив, неузгодженості оцінок тощо. Це дозволить оцінити переваги та обмеження кожного методу в контексті управління грошовими потоками, що дасть можливість вибору найбільш ефективного інструменту для конкретних умов підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Amiri, M., Nosrati, N.E., Jamshidi, A., & Kazemi, A. (2008). Developing a new ELECTRE method with interval data in multiple attribute decision making problems. *Journal of Applied Sciences*, 8(22), 4017–4028.

2. Bilich, F., & da Silva, R. (2008). Valuation and optimization of the impact of intellectual capital on organizational performance. *Portuguese Journal of Management Studies*, 13(3), 341–359.

3. Augusto, M., Lisboa, J., Yasin, M., & Figueira, J. R. (2008). Benchmark in multiple criteria performance context: An application and a conceptual framework. *European Journal of Operational Research*, 184(1), 244–254.

4. Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). A comprehensive overview of the ELECTRE method in multi-criteria decision-making. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6(2), 5–16.
<https://journals.bilpubgroup.com/index.php/jmser/article/view/5637>

УДК 536.24

Денисенко О.І.¹, Земляна А.В.²

1 канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

2 студ. гр. НТ-811 НУ «Запорізька політехніка»

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛОПАКЕТІВ

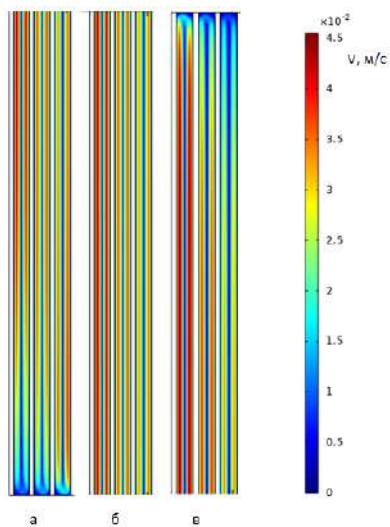
Використання енергозберігаючих технологій останнім часом набуло особливого значення. Суттєва доля втрат теплової енергії в житлових приміщеннях відбувається через вікна. Прості одновимірні або балансові моделі не враховують ефекти конвективного руху повітря в камерах склопакетів. В роботах [1–4] чисельно аналізуються задачі сполученої теплопередачі через вікна з однокамерним склопакетом зі шторками, та досліджуються характеристики двокамерних склопакетів.

Для оцінки теплотзберігаючих властивостей багатокамерних склопакетів розглядається двовимірна математична модель, яка враховує конвективний рух повітря в камерах та неоднорідний розподіл температури по висоті склопакету. Модель містить систему диференціальних рівнянь вільної конвекції для камер склопакету, та рівняння теплопровідності для скла. Задача розглядається в спряженій постановці. Чисельна реалізація моделі відбувалась методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу COMSOL Multiphysics. Задача вирішувалась в квазістаціонарній постановці. Ітерації проводились до повного установлення. В деяких режимах не вдавалось отримати повне установлення ітераційного процесу у зв'язку з наявністю конвективних флуктуацій. В таких випадках розглядалась нестационарна постановка задачі, а час розрахунку визначався стабілізацією інтегральних характеристик процесу теплообміну.

Проведена серія чисельних експериментів для різних конструктивних параметрів склопакетів. Розглядалися однокамерні, двокамерні та трикамерні склопакети з наповненням камер інертними газами або повітрям для різних кліматичних умов. Проведені розрахунки дозволили візуалізувати структуру конвективних потоків в камерах склопакету та визначити їх вплив на розподіл температури та ефективність теплотзбереження. Деякі результати розрахунків представлені на рис.1-рис.2. На рис.1 наведено розподіл швидкостей конвективних потоків для трикамерного склопакету в умовах $T_{\text{зовн.}} = -20^{\circ}\text{C}$ та $T_{\text{внутр.}} = 20^{\circ}\text{C}$. На рис.2 наведені температурні профілі для шарів скла, які формуються в результаті вільної конвекції повітря в камерах склопакету.

Профіль 1 на рис .2 відповідає листу скла, який контактує з зовнішнім середовищем, 2,3,4 – послідовно наступні листи скла. Враховуючи високу теплопровідність скла температурні профілі поверхонь скляного листа практично співпадають. Максимальні швидкості локалізуються в центральному фрагменті склопакету. В приграничних шарах біля поверхні скла формуються висхідний та низхідний потоки, а в центральній області в деяких режимах спостерігаються циркуляційні комірки. Отримані температурні режими дозволяють обчислити інтегральні характеристики, які визначають загальний тепловий опір віконних систем.

Досліджувався також вплив співвідношення розмірів камер на теплофізичні характеристики склопакетів. Для двокамерних склопакетів отримана залежність теплового опору від розташування внутрішнього листа скла. Подібні залежності отримані також для випадків заповнення камер склопакету аргонном або криптоном. Чисельні експерименти проводились для зовнішньої температури в діапазоні від -20°C до 0°C . Розглядалися також конструкції з комбінацією різних наповнювачів камер.



а – нижній фрагмент; б – середній фрагмент; в – верхній фрагмент.
Рисунок 1 – Розподіл швидкостей конвективних потоків в трикамерному склопакеті.

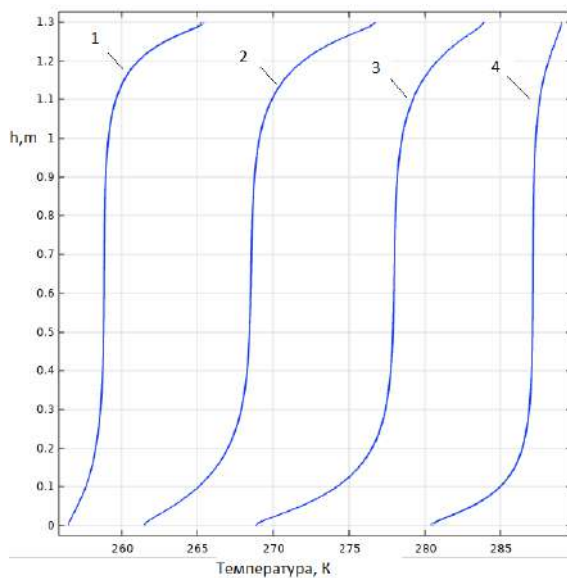


Рисунок 2 – Розподіл температури на поверхні скляних листів по висоті трикамерного склопакету

Використання чисельних методів дозволяє досліджувати складні багатовимірні моделі в мультифізичній постановці, а також на стадії проектування заощаджувати на проведенні коштовних натурних експериментів та прогнозувати поведінку віконних систем в різних кліматичних умовах в залежності від обраних конструктивних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Orhan Aydın. Conjugate heat transfer analysis of double pane windows. //Building and Environment. Volume 41, Issue 2, February 2006, Pages 109-116.
2. R. Dalal, D. Naylor, D. Roeleveld. A CFD study of convection in a double glazed window with an enclosed pleated blind// Energy and Buildings. Volume 41, Issue 11, November 2009, Pages 1256-1262
3. S.Z. Movassag, K. Zamzamian, Numerical investigation on the thermal performance of double glazing air flow window with integrated blinds// Renewable Energy, 148 (2020), p. 852-863.
4. Denisenko O. Numerical simulation of convective heat transfer in glass units / O. Denisenko // Norwegian Journal of development of the International Science. – Oslo, Norway, 2024. – Vol. 133. – P. 71-75.

УДК 338.242

Жуковський Д.М.¹

¹асп., Український державний університет науки і технологій

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕРНЕТ РЕКЛАМИ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

З розвитком проєктів електронної комерції підприємства все більше роблять інвестиції у розвиток технологій інтернет реклами. Онлайн-реклама стає одним з основних компонентів при розробці маркетингових стратегій, де цифрові канали, такі як Google Ads, Facebook та Telegram надають можливість бізнесу охоплювати різні цільові аудиторії. Однак обсяг і складність даних, пов'язаних із цифровими рекламними каналами, створюють виклики для точного оцінення та прогнозування ключових показників рекламних компаній.

Застосування моделей машинного навчання в онлайн-рекламі може трансформувати управління рекламними компаніями, дозволяючи динамічний розподіл бюджету на основі прогнозованої ефективності. Як показують результати огляду літературних джерел — використання стратегій, що орієнтовані на аналіз даних, може покращити ефективність проєктів з інтернет реклами, зменшити витрати та максимізувати повернення інвестицій [1].

Метою досліджень є вивчення можливостей застосування різних технік машинного навчання для прогнозування таких ключових показників інтернет реклами, як CPA (ціна за корисну дію або конверсія), яка розраховується як співвідношення витрат на рекламу до кількості конверсій та ROAS (return on advertising spend), що є співвідношенням прибутку від рекламного каналу до витрат на розміщення онлайн реклами.

Оцінюючи ефективність алгоритмів, включаючи лінійну та нелінійну багатовимірну регресію, методи нейронних мереж необхідно визначити математичні моделі, які найбільш вдало підходять для прогнозування зазначених вище ключових показників, що застосовуються для менеджменту проектів у онлайн рекламі. У статті у порівнянні з традиційними регресійними моделями розглядаються моделі машинного навчання для прогнозування основних метрик, що дає змогу ефективніше розподіляти рекламний бюджет та досягати кращих результатів у рекламній діяльності підприємства.

Для проведення досліджень використовувалися дані з рекламної платформи Telegram, в звітності якої є показники ефективності для кожного каналу і згідно цих показників менеджеру з реклами необхідно обирати групи, що дають найбільшу економічну ефективність від розміщення реклами.

При проведенні досліджень планується для прогнозування ключових показників телеграм каналів застосовувати моделі регресії. При цьому в регресійній моделі у якості залежної змінної буде використовуватись показник CPA, а у якості незалежних змінних числові характеристики кожного телеграм каналу, взятих з різних статистичних джерел. Зпрогнозовані значення ключового показника використовуються менеджерами з реклами для вибору каналів, що мають потенціал для зростання прибутковості рекламних компаній.

В математичних регресійних моделях для прогнозування ключового показника CPA (залежна змінна) будуть використовуватись наступні фактори-показники (незалежні змінні):

- Engagement Rate by Reach (ERR) – рівень залученості по охопленню, який розраховується як співвідношення середнього охопту публікації до кількості підписників;

- кількість підписників — визначається як сумарна кількість підписників на певний період часу;

- приріст за один місяць — абсолютна величина, що показує на скільки підписників збільшилась група телеграм каналу;

- відсоток приросту за один місяць — відсоток зростання користувачів телеграм каналу за місяць;

- ціна за 1000 показів — ціна за 1000 показів рекламного повідомлення у певній групі в телеграм;
- середній охопит — розраховується як співвідношення кількості переглядів рекламного повідомлення до загальної кількості підписників телеграм каналу;
- витрати — загальний показник витрат на рекламу в певному рекламному каналі.

Для вирішення зазначеної задачі було заплановано використовувати моделі багатofакторного аналізу та прогнозування. Для порівняльного аналізу було взято багатовимірні моделі лінійної та нелінійної регресії та модель нейронної мережі — багаторшаровий перцептрон. Точність прогнозування моделей вимірюється за допомогою показника MSE - середня квадратична помилка. При проведенні наукових еспериментів статистичні дані було розділено на навчальну і тестову вибірки у співвідношенні 75% до 25%. Слід зазначити, що в вибірці статистичних даних було визначено що незалежні змінні не корельовані між собою.

Згідно показника MSE найбільш точний прогноз надала модель нейронної мережі, побудована на основі багаторшарового перцептрону. Однак у зв'язку з складністю інтерпретації отриманих при прогнозуванні даних було прийнято рішення перейти до інтервального прогнозування, при якому значення показника CPA , було розділено на три діапазони — низький, середній та високий відповідно. При цьому точність прогнозування розраховується як співвідношення кількості правильно зпрогнозованих значень до загальної кількості експериментів [2].

В результаті проведення досліджень точність прогнозування для моделі нейронних мереж склала 80%, для нелінійної регресії - 60% та для лінійної регресії — 50%. Застосування іновативного рішення на основі моделей нейромереж дозволило збільшити показник ефективності від рекламних компаній ROAS на 120% завдяки збільшенню точності прогнозування. Згідно результатів дослідження можна стверджувати, що нейромережеві моделі мають великий потенціал в задачах прогнозування ключових показників онлайн реклами. В подальших дослідженнях планується дослідити особливості проектування моделей, заснованих на різних видах нейромереж, що може дати можливість збільшити точність прогнозування. Також необхідно визначити найкращі практики застосування цих моделей для оптимізації рекламних компаній у реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Miklosik, A. and Evans, N., 2020. Impact of big data and machine learning on digital transformation in marketing: A literature review. *Ieee Access*, 8, pp.284-292.

2. Lin, R., 2024, May. Brand Digital Marketing Based on Machine Learning Classification Algorithm. In *2024 5th International Conference for Emerging Technology (INCET)* (pp. 1-5). IEEE.

7 СЕКЦІЯ «СПЕЦІАЛЬНА СЕКЦІЯ З ТЕМАТИКИ ERASMUS+ ПРОЄКТІВ»

УДК 004.89

Горіченко Ю.Є.¹, Поздняков О.А.¹, Пархоменко А.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ЗБОРУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ

У сучасному світі зростає потреба в економії енергоресурсів та використанні альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія. Зростаючий попит на інтелектуальні системи управління енергоспоживанням потребує надійних методів прогнозування генерації електроенергії, які враховують реальні метеорологічні умови. Проте прогнозування генерації електроенергії, засноване на метеорологічних даних з онлайн метеосервісів, має низку обмежень, серед яких – невідповідність прогнозів реальним умовам у конкретному місці розташування домогосподарства. Тому завдання підвищення точності моделі прогнозування за рахунок використання даних в режимі реального часу є актуальною. Метою роботи є дослідження та практична реалізація методів та інструментів для збору даних у режимі реального часу, що дозволить підвищити точність прогнозування генерації електроенергії.

Одним із ключових завдань у забезпеченні точного прогнозування є збір реальних метеорологічних даних для систем домашньої автоматизації (СДА). Розроблена підсистема інтелектуальної підтримки [1] покладається на прогнози від онлайн метеосервісів, але такі прогнози можуть суттєво відрізнятися від локальних погодних умов, що впливає на ефективність всієї системи. Тому необхідно розробити ефективний підхід для збору даних в режимі реального часу, який врахує локальні погодні умови та дозволить підвищити точність прогнозування генерації електроенергії.

Аналіз показав, що пропонувані на ринку комерційні метеостанції або не надають потрібний функціонал (зокрема вимірювання сонячної активності) або мають високу вартість. Тому, для забезпечення моніторингу вітрової та сонячної активності було вирішено створити власні спеціалізовані рішення, які забезпечать необхідну надійність та точність отримуваних даних для подальшого застосування в нейромережних моделях.

Для вимірювання швидкості вітру було обрано датчик моделі «CWT-SWC-C-RS485» завдяки оптимальному поєднанню ціни та точності вимірювань. Його було інтегровано з мікроконтролером ESP8266 з прошивкою Tasmota, що забезпечує можливість моніторингу в режимі реального часу та накопичення даних у СДА на основі платформи OpenHAB.

Під час пошуку датчика сонячної активності з'ясувалося, що існуючі на ринку датчики мають високу вартість. Тому, було розглянуто кілька альтернативних підходів для забезпечення точного вимірювання сонячного випромінювання.

Перша спроба включала використання датчиків освітленості. Для початкових спроб були використані датчики GY-302 BH1750FVI та ТЕМТ6000, які вимірюють освітленість у люксах. Однак їх максимальна межа вимірювання (65535 люкс) виявилася недостатньою для яскравого денного світла, рівень якого сягає понад 120 000 люкс. Через ці обмеження датчики не підходять для точного вимірювання сонячного випромінювання.

Друга спроба базувалася на використанні PWM сонячного контролеру разом із сонячною панеллю на 80 Вт. Передбачалося, що вимірювання струму, який контролер передає на акумулятор, допоможе оцінити рівень сонячного випромінювання. Проте, реальні експерименти показали, що цей метод має низьку точність через те, що струм від контролера залежить не лише від рівня освітленості, а й від рівня заряду акумулятора та підключених споживачів.

Враховуючи недоліки попередніх варіантів, було вирішено використовувати малогабаритну сонячну панель розміром 110x60 мм, яка генерує напругу 6 Вольт та потужність 1 Вт, у поєднанні з цифровим датчиком струму та напруги INA219. Цей датчик забезпечує точне вимірювання струму панелі, що дозволяє оцінити рівень сонячного випромінювання.

Розроблені датчики були інтегровані в СДА реального домогосподарства на платформі OpenHAB, що дозволяє зберігати історичні дані про локальні погодні умови. Також було розроблено програмне забезпечення, яке, використовуючи API онлайн метеосервісів OpenWeatherMap та VisualCrossing, кожні 15 хвилин завантажує та зберігає в базі даних історичний прогноз погоди.

Таким чином, збереження історичних даних з локальних метеостанцій та регулярне оновлення прогнозів з онлайн метеосервісів створює базу для тренування та тестування нейромережових моделей. В подальшій роботі планується реалізація та навчання нейромережової моделі на основі цих даних. Оскільки прогноз погоди з онлайн метеослужб може не завжди відповідати реальним умовам у конкретному місці розташування СДА, саме

використання даних локальних метеостанцій дозволить значно підвищити точність прогнозування генерації електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Research and Software Implementation of Intelligent Method of Energy Consumption Control [Text] / [Y. Horichenko, A. Parkhomenko, O. Pozdnyakov et al.] // CMIS-2023: 6th International Workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, May 3, 2023: proceedings. – CEUR-WS.org, online. - 2023. -Vol. 3392. – P. 106-118.

УДК 004.5

Карнаух В.Д.¹, Соколянський О.В.², Пархоменко А.В.³, Пархоменко І.А.¹

¹ студ. НУ «Запорізька політехніка»

² фрілансер

³ доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

Задача розробки та впровадження сучасних онлайн (віртуальних та віддалених) лабораторій зумовлена соціальними та технологічними факторами. Онлайн лабораторії вже набули широкої популярності у сфері науки та освіти, але залишаються предметом подальших досліджень та удосконалення. Дослідниками в цій галузі було запропоновано ряд підходів до розробки та розгортання онлайн лабораторій [1-2]. Але вони не отримали широкого розповсюдження та використання на рівні стандартів або методологій.

В роботі [3] було представлено платформу для розробки віртуальної лабораторії. Вона дозволяє розробникам на основі стеку технологій (Docker, Laravel API, Next.js, React.js, Wokwi, HTML, JavaScript, PHP та ін.) реалізовувати віртуальні експерименти з дослідження вбудованих систем. На основі запропонованого підходу можливо налаштувати загальну структуру проєкту, а також використати відповідні інструменти розробника. Тим не менш, недоліком запропонованої методики розробки віртуальної лабораторії є значна кількість зусиль з ручного створення кожного експерименту, що сповільнює процес розробки, а також високі вимоги до рівня знань розробників. Тому, подальше удосконалення платформи та методики її використання є актуальною задачею.

Метою роботи є дослідження та програмна реалізація платформи для розробки віртуальної лабораторії для підвищення рівня автоматизації проєктних процедур.

Удосконалена платформа буде надавати різні інтерфейси в залежності від ролі користувача – адміністратор або розробник віртуальної лабораторії. Адміністратор буде керувати шаблонами та компонентами, доступними для всіх користувачів, тоді як розробники зможуть працювати у власних робочих просторах та пропонувати рішення для загального використання. Удосконалена методика використання платформи передбачає, що розробник буде мати можливість за допомогою користувацького інтерфейсу використовувати існуючі шаблони, що складаються із назв, компонентів Vue.js і схем експериментів, як основу для створення власних експериментів, що будуть включати в себе назву, шаблон та опис. При цьому також буде забезпечено можливість програмно створювати нові компоненти і шаблони для розширення функціоналу віртуальної лабораторії.

На рис. 1 наведено скріншот сторінки віртуального експерименту, створеного засобами удосконаленої платформи.

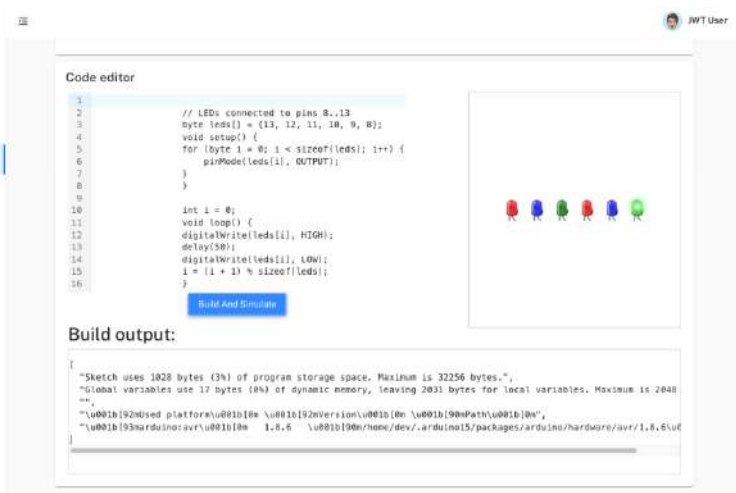


Рисунок 1 – Сторінка віртуального експерименту

Таким чином, удосконалена платформа для розробки віртуальної лабораторії і методика її використання дозволять підвищити рівень автоматизації проєктних процедур та прискорити процес розробки віртуальних експериментів та їх інтеграції в єдину систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Online lab infrastructure as a service: A new paradigm to simplify the development and deployment of online labs / [D. G. Zutin, M. Auer, P. Orduna, et

al.] // Remote engineering and virtual instrumentation: 13th IEEE International conference, Madrid, Spain, 24-26 February 2016: proceedings. – Los Alamitos: IEEE, 2016. – P. 202-208.

2. Cloud based remote virtual prototyping platform for embedded control applications: Cloud-based infrastructure for large-scale embedded hardware related programming laboratories / [S. Werner, A. Lauber, J. Becker et al.] // Remote engineering and virtual instrumentation: 13th IEEE International conference. Madrid, Spain, 24-26 February 2016: proceedings. – Los Alamitos: IEEE, 2016. – P. 168–175.

3. Research and Practical Implementation of a Framework for Teaching Students the Development of a Virtual Laboratory / [V. Karnaukh,, A. Sokolyanskii, A. Parkhomenko et al.]// Interactive Collaborative Learning: 27th International Conference, Tallinn, Estonia, September 24-27, 2024: proceedings. – 2024. – P. 519-526.

УДК 004.94

Миронова Н.О.¹

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЦИФРОВИЙ ПОРТАЛ ПРОЄКТУ WORK4CE ТА ДОСТУП ДО ОСВІТНІХ РЕСУРСІВ

Цифровий портал – платформа для доступу та обміну освітніми ресурсами між університетами. Основне призначення цифрового порталу: доступ до відкритих освітніх ресурсів; міжінституційне навчання; інтеграція різних цифрових інструментів для навчання; сприяння партнерству між академічними установами та індустрією.

Доступ до освітніх ресурсів відбувається завдяки використанню відкритих навчальних ресурсів (Open Educational Resources, OER) – навчальні, освітні та дослідницькі матеріали, що знаходяться у вільному доступі. OER мають відкриті ліцензії, які дозволяють їх безкоштовне використання, модифікацію та розповсюдження без обмежень. Включають: презентації та відео лекцій, практичні та лабораторні, воркшопи, кейси, тести та інші навчальні інструменти, створені для підтримки освітнього процесу.

Реалізація доступу до OER в Moodle відбувається шляхом інтеграції різних функцій платформи для надання користувачам легкого та організованого доступу до освітніх матеріалів. Основні етапи:

- створення навчального курсу в Moodle;
- налаштування відкритого доступу, всі навчальні матеріали мають відкрити ліцензію Creative Commons;
- налаштування гостьового доступу до навчального курсу;

- налаштування доступу для самореєстрації користувачів;
- імпорт зовнішніх ресурсів (наприклад, YouTube) безпосередньо в курси;
- налаштування плагінів Moodle для спільного доступу (Open Educational Resources Search – дозволяє знаходити та імпортувати матеріали з різних відкритих джерел безпосередньо в Moodle).

Цифровий портал WORK4CE базується на сучасній технологічній інфраструктурі, що підтримує міжуніверситетську співпрацю та доступ до освітніх ресурсів. Основні елементи інфраструктури:

- Moodle – платформа для управління навчанням (LMS), яка забезпечує доступ до навчальних матеріалів, курсів і інтерактивних завдань;
- Campus Connect – інтеграційний плагін, який полегшує зв'язок між різними навчальними закладами, дозволяючи студентам брати участь у міжінституційному навчанні та обмінюватися ресурсами;
- Elearning Community Server – сервер, що забезпечує безпечний обмін даними, спільне використання матеріалів та аутентифікацію користувачів між навчальними закладами, що співпрацюють.

Плагін Campus Connect – інструмент для інтеграції OER з різних платформ, що забезпечує обмін освітніми ресурсами між різними навчальними закладами (Moodle або ILIAS тощо).

Плагін CampusConnect – це ініціатива дванадцяти університетів на південному заході Німеччини з метою об'єднати свої системи управління навчанням (LMS) для підтримки Management Systems (LMS) для підтримки їхніх спільних освітніх програм і курсів (діє з 2008 року).

Технічна інфраструктура CampusConnect дозволяє публікувати інформацію про курси в LMS різних університетів (таким чином показуючи здобувачам вищої освіти, які курси підтримуються електронними навчальними ресурсами інших університетів). Вона веде здобувачів вищої освіти до цих курсів (просто за посиланнями), і надає їм доступ до цих курсів, пропонуючи автентифікацію на основі токенів.

Призначення Campus Connect:

- міжінституційний обмін курсами;
- розширення навчальних можливостей (реалізація онлайн академічної мобільності);
- автоматизація процесу реєстрації на курси з інших навчальних закладів: користувачам не потрібно реєструватися в окремих системах, єдиний вхід через “native” Moodle;
- уніфікований доступ до навчальних курсів.

Elearning Community Server – важлива частина інфраструктури для реалізації міжінституційного навчання в проєкті WORK4CE, також це

частина проєкту CampusConnect, інтеграційна платформа, що об'єднує системи дистанційного навчання різних навчальних закладів [1].

Цифровий портал WORK4CE створює можливості для міжінституційного навчання, надаючи доступ до освітніх ресурсів через освітні платформи(передумови реалізації академічної мобільності). OER (відкриті освітні ресурси) відіграють ключову роль у забезпеченні доступу до навчальних матеріалів, що підвищує гнучкість та доступність освіти для здобувачів різних університетів та представників бізнесу. Інтеграція з Moodle та Campus Connect полегшує взаємодію між навчальними закладами, дозволяючи користувачам(здобувачам вищої освіти, викладачам) обмінюватися ресурсами і брати участь у спільних навчальних проєктах, користувачам не потрібно реєструватися в окремих системах, єдиний вхід через “native” Moodle за посиланням курсу Інноваційні освітні підходи сприяють розвитку цифрових компетенцій у здобувачів і допомагають краще підготувати їх до вимог сучасного ринку праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.	CampusConnect-ECS	–	URL:
https://freeit.de/en/projects/campusconnect_ecs/			

УДК 004.6:62

Табунщик Г.В.¹, Лавренко В.А.²

¹ канд. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

НАДІЙНІСТЬ ЯК ОДИН З КЛЮЧОВИХ КРИТЕРІЇВ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Розробка та впровадження систем прийняття рішень на даний момент є одним із найперспективніших напрямків у багатьох сферах таких як наука, медицина, виробництво та багато інших. Це обумовлено впливом даних систем на визначні аспекти нашого життя, починаючи від охорони здоров'я, закінчуючи політикою та дослідженнями космосу [1]. Ціна відмови в будь-якому з модулів системи прийняття рішень може виявитися дуже суттєвою і з багатьма негативними наслідками [2].

Надійність систем прийняття рішень є одним з ключових критеріїв який необхідно розглядати і планувати на ранніх етапах розробки з метою мінімізації витрат на пізніших етапах, коли буде потрібний великий обсяг рефакторингу коду, або навіть зміна апаратних засобів і обраних технологій, а в деяких випадках і методологій. Недостатній аналіз вимог та економія на дослідженнях можливих рішень зазвичай призводять у майбутньому до

великої кількості питань, вирішення яких потребує великих витрат й призводять до втрати актуальності рішення на ринку.

Метою даної роботи є покращення процесів забезпечення надійності, для зменшення витрат на рефакторинг в наступних ітераціях життєвого циклу розробки програмного забезпечення. Було проведено дослідження існуючих методологій і принципів проектування систем прийняття рішень [2][3][4][5] і розробленні рекомендації щодо оптимізації процесів для досягнення необхідного рівня надійності на етапі розробки.

До ключових заходів забезпечення надійності системи можна віднести:

- планування на основі сценаріїв;
- навчання і покращення;
- розподільність і відмовостійкість інфраструктури;
- модульність та ізоляцію компонентів;
- тестування та валідація;
- резервування компонентів системи;
- реалізація автоматичного відновлення після збоїв;
- моніторинг і усвідомлення;
- безпека і захист від зовнішніх загроз;
- принципи "безпечної відмови";
- гнучкість в прийнятті рішень.

В основі запропонованої методології використовуються гнучкі методи керування процесами розробки. Таким чином, проектування системи прийняття рішень для забезпечення надійності ґрунтується на інтеграції цих компонентів і принципів, що дозволяє створити стійку, вискоелективну систему, яка мінімізує ризики, оптимізує процеси прийняття рішень і забезпечує стабільну роботу в умовах невизначеності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dang Minh, H. Xiang Wang, Y. Fen Li & Tan N. Nguyen, Explainable artificial intelligence: a comprehensive review, <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10088-y>
2. Mortaji, Seyed Taha Hossein; Sadeghi, Mohammad Ebrahim, Assessing the Reliability of Artificial Intelligence Systems: Challenges, Metrics, and Future Directions, DOI: <https://doi.org/10.59615/ijimes.4.2.1>
3. Torres Rincón, Samuel Fernando, A framework for the long-term planning of infrastructure based on flexibility, DOI:10.57784/1992/74927
4. Li, Yong-Hai; Yue, Shan-Tao; Zheng, Jin; Wang, Weiwei, Customer-oriented product design: an integrated decision framework with sentiment analysis and optimisation model, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23307706.2022.2146607>

УДК 004.5

Селіванов М.В.¹, Пархоменко А.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБПОРТАЛУ SMART CITY ЗАПОРІЖЖЯ

Хоча технології є вирішальним компонентом розвитку систем типу «Розумне місто», це не єдиний фактор, який визначає успіх. Співпраця між різними зацікавленими сторонами, зокрема державними установами, приватними компаніями та громадянами, є важливою для створення ефективних та стійких Розумних міст [1].

При цьому, залучення громадян є важливим аспектом розвитку Розумного міста, мета якого – покращення якості життя його мешканців. Тому, однією з головних задач є забезпечення інклюзивності та доступності рішень Розумного міста для всіх жителів.

На сьогоднішній день вже реалізовано низку рішень для цифрової інфраструктури Запоріжжя, що спрямовані на спрощення доступу до важливих міських послуг, прозорість у прийнятті рішень та активну взаємодію громадян із місцевою владою. В той же час, основні сервіси для мешканців Запоріжжя знаходяться на різних ресурсах, зокрема: контакт-центр 1580, EDIH HUB, Е-петиції, Е-записи, Е-робота, Е-записи, передача показників лічильників та інше, що ускладнює їх пошук та доступ для великої кількості потенційних користувачів. Це вимагає усунення цифрового розриву та забезпечення доступу всіх громадян до необхідних технологій та інфраструктури. Тому, тема роботи є актуальною.

Мета роботи полягає у створенні сучасної інтегрованої платформи вебпорталу Smart City Запоріжжя, що дозволить об'єднати різні міські сервіси в одному цифровому просторі. Основна задача порталу – забезпечення доступу до інформаційних послуг, що дозволить громадянам зручно взаємодіяти з міською інфраструктурою через «Кабінет мешканця», а також швидко знаходити необхідну інформацію. Такий підхід не лише полегшить доступ до міських сервісів, але й сприятиме сталому розвитку міста, підвищуючи ефективність комунікації між громадянами та владою.

Проведений аналіз технічних вимог (табл. 1) та наявних ресурсів дозволив виявити основні особливості розробки вебпорталу. Було вирішено

розпочати розробку з MVP (Minimum Viable Product) версії порталу, що володіє мінімальними, але достатніми для задоволення користувачів базовими функціями. Основна задача цього етапу розробки – отримання зворотного зв'язку для формування подальшого розвитку вебпорталу та максимально ефективного використання наявних людських ресурсів. Для MVP версії було сформовано початкову структуру головної сторінки сайту.

Таблиця 1 – Узагальнений аналіз технічних вимог для вебпорталу

Категорія	Основні вимоги
Функціональні вимоги	Портал включає модулі «Кабінет мешканця», систему пошуку, базу офіційних документів, анонси подій, форми зворотного зв'язку, багатомовність (українська, англійська), інтеграцію з соцмережами.
Інтерфейс користувача	Інтуїтивно зрозумілий дизайн, адаптація для мобільних пристроїв, контрастні кольори, читабельні шрифти, текстові альтернативи для людей з обмеженнями.
Адміністрування	CMS дозволяє керувати контентом, додавати та редагувати матеріали, налаштовувати меню та модулі, відслідковувати активність через аналітику та журнали подій.
Безпека	HTTPS-протокол, захист від SQL-ін'єкцій, XSS-вразливостей, CSRF-атак, резервні копії, захищений доступ для адміністраторів через VPN, журналювання подій.
Нефункціональні вимоги	Швидкість завантаження сторінок до 3 секунд, підтримка роботи на різних платформах та ОС, зручність адміністрування, можливість відновлення даних після збоїв.

- 1 Шапка сайту (Логотип, Меню розділів сторінки (якірні посилання), Вибір мови (укр/англ.)).
- 2 Головне зображення з пошуком по порталі (баннер).
- 3 Блок з посилання на основні сервіси/послуги порталу.
- 4 Новини.
- 5 Календар подій.
- 6 Безпека (Безпечне місто Запоріжжя, Мапа укриттів та пунктів незламності).
- 7 Про портал і питання та відповіді.
- 8 Контакти та форма зворотнього зв'язку.
- 9 База документів.
- 10 Підвал сайту.

Наступном кроком є дизайн прототипу на основі створеної структури для візуалізації інформаційних блоків та користувацького досвіду.

Розробка та впровадження вебпорталу Smart City Запоріжжя сприятиме підвищенню прозорості роботи міських органів та оптимізації міських процесів, що позитивно вплине на якість життя громадян.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Putting people first. Smart Cities and Communities. [Electronic resource]. – Access mode: <https://its.dot.gov/smartcities/SmartCities.pdf>.

УДК 004.9 : 658.51

Кузькін О.Ф.¹, Райда І.М.²

¹ д-р техн. наук, проф., Національний університет «Запорізька політехніка»

² старш. викл., Національний університет «Запорізька політехніка»

КЛЮЧОВІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦЯ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ ДЛЯ УСПІШНОЇ РОБОТИ В ЕПОХУ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Четверта індустріальна революція або Індустрія 4.0, що відбувається просто зараз, характеризується широким застосуванням процесів автоматизації та інформаційних технологій практично в усі сфери виробництва та повсякденної діяльності людини. Спрямовані на підвищення ефективності виробництва технології та концепції Індустрії 4.0 такі, як інтернет речей, штучний інтелект, великі дані, хмарні обчислення, цифрові двійники та інші, знаходять широке застосування у сферах технічної та комерційної експлуатації транспорту, транспортних технологій та логістики. Але основною відмінністю впровадження цифрових технологій у процеси перевезень вантажів та пасажирів є те, що це не ставить за мету повністю виключити людину з транспортно-технологічних процесів чи змінити її роль у ланцюгах постачань, а спрямовано лише на підвищення оперативності прийняття рішень із забезпеченням їх максимальної ефективності та на зниження кількості помилок у процесах доставки вантажів та перевезень пасажирів [1].

Цифрові технології зменшують роль людини у виконанні транспортних та логістичних операцій та їх трудомісткість. Одночасно змінюються функції, які виконує фахівець при організації транспортно-технологічних операцій і управлінні ними. Таким чином, до працівника транспортної галузі висуваються нові вимоги щодо володіння знаннями, навичками та компетентностями для успішного виконання цих функцій. З точки зору фахівців з транспорту і логістики, до таких відносяться [2]:

- базові знання та компетентності у професійній сфері: загальноінженерна підготовка; знання транспортної техніки та транспортних технологій; компетентності з організації, планування та управління транспортно-технологічними, транспортно-складськими, транспортно-логістичними процесами та системами; знання економіки, основ загального та транспортного права;

- розширені знання та компетентності у сфері цифрових технологій: базові знання інформаційних технологій та програмування; математичне, статистичне та імітаційне комп'ютерне моделювання; знання з організації нових бізнес-моделей та цифрових технологій, серед яких ключовими є Великі дані та їх аналіз, штучний інтелект, інтернет речей, блокчейн, кібербезпека, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність;

- м'які навички: співпраця та вміння працювати у команді, стрес-стійкість, готовність до змін та вирішення проблем, креативність та критичне мислення, лідерство, підприємництво, крос-культурні компетентності, гнучкість та вміння адаптуватись до змінюваних умов.

Належне формування цих навичок та компетентностей потребують перегляду існуючих підходів до підготовки майбутніх професіоналів транспортної галузі у аналітичному, методологічному, творчому, соціальному, комунікативному та крос-культурному аспектах, враховуючи при цьому концепцію безперервної освіти людини протягом усього життя, що для транспортних підприємств та організацій означає забезпечення навчання та підвищення кваліфікації персоналу у відповідності до вимог виконуваних ним виробничих функцій або ж взагалі перенавчання працівників у разі докорінної зміни умов виконання цих функцій.

Підготовка фахівців транспортної галузі з набуттям ними навичок з цифрових технологій може реалізовуватись шляхом розробки цілісних фахово-орієнтованих освітніх програм, або ж запровадження окремих навчальних модулів з набуття цифрових навичок та компетентностей у нормативні або вибіркові компоненти вже існуючих освітніх програм.

В рамках міжнародного освітнього проекту «WORK4CE: Cross-domain competences for healthy and safe work in the 21st century» (<https://work4ce.eu/>), що фінансується у рамках програми Європейського Союзу Erasmus+ KA2, розроблено відкриті навчальні ресурси з набуття цифрових компетентностей здобувачами освіти та професіоналами-практиками, які інтегровані до існуючих магістерських освітніх програм з різних спеціальностей, у тому числі з транспортних технологій. Набуття необхідних м'яких навичок забезпечується виконанням здобувачами освіти командних практичних завдань з актуальної проблематики та участю здобувачів освіти у програмах міжнародної академічної мобільності, в тому числі у дистанційному форматі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Barreto, L. & Amaral, A. & Pereira, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia manufacturing*, 2017, Vol. 13. P. 1245-1252.2.
2. Thakur, A. Trends and analysis of e-commerce market: a global perspective. *International Journal of Applied Marketing*. 2021. Vol. 6. P. 11-22.

УДК 004.93

Довгаль Д.Ф.¹, Миронова Н.О.², Пархоменко А.В.²

¹ студ. гр. КН-113м НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ДРОНУ

Актуальність роботи обумовлена зростаючим попитом на автономні рішення для визначення об'єктів в реальному часі, що забезпечують економічність та функціональність. Використання доступних мікроконтролерів з алгоритмами комп'ютерного зору дозволяє створювати компактні, бюджетні системи для застосувань у промисловості, безпеці, моніторингу навколишнього середовища та інших сферах. Такий підхід є перспективним для впровадження в робототехнічних системах, де необхідно зменшити навантаження на обчислювальні ресурси й одночасно забезпечити високу мобільність і точність роботи.

Мета роботи – розробити прототип системи визначення об'єктів для наземного дрону, що дозволяє ідентифікувати об'єкти у реальному часі з використанням алгоритмів комп'ютерного зору.

У рамках проектування системи визначення об'єктів для наземного дрону, було виконано порівняння мікроконтролерів, які мають функцію відео камери та можливість дистанційного керування, що дозволить вибрати оптимальний мікроконтролер для реалізації проекту. Були розглянуті наступні рішення: ESP32-CAM, Raspberry Pi, Arduino Nano RP2040 Connect, NVIDIA Jetson Nano. Було виявлено, що вибір мікроконтролера залежить від специфічних вимог проекту, таких як необхідна продуктивність, якість камери, можливості бездротового з'єднання та область застосування. Для простих проектів, наприклад відеоспостереження, підходить ESP32-CAM, тоді як для складніших завдань, пов'язаних із штучним інтелектом, краще використовувати Raspberry Pi 4 або Jetson Nano. Для реалізації прототипу системи було вирішено обрати ESP32-CAM, оскільки цей мікроконтролер є оптимальним вибором для бюджетних проектів, які потребують базової обробки зображень та функцій віддаленого керування.

Для визначення та розпізнавання об'єктів ESP32-CAM можна використовувати наступні технології, враховуючі можливості та обмеження цієї плати через невеликий обсяг пам'яті і процесорної потужності: TensorFlow Lite Micro, ESP-WHO, каскадні класифікатори Наар,

TensorFlow Lite Micro дозволяє запускати моделі глибокого навчання на мікроконтролерах; підходить для завдань класифікації та розпізнавання простих об'єктів. Модель має бути квантована для зменшення розміру та використання пам'яті. Підходить для складніших завдань, але вимагає спрощення моделі для оптимальної роботи на ESP32-CAM.

ESP-WHO – бібліотека від Espressif для виявлення та розпізнавання осіб, що спеціально оптимізована для ESP32-CAM. Дозволяє додавати особи до бази даних для ідентифікації. Легко використовувати для систем відеоспостереження та Розумного будинку, але обмежена завданням розпізнавання облич.

Каскадні класифікатори Наар, що можуть виявляти об'єкти на основі контурів. Використання Наар-каскадів потребує інтеграції бібліотеки OpenCV або спеціалізованих збірок, що можливо, але обмежено ESP32. Застосовні для базових завдань детекції, але не універсальні щодо всіх типів об'єктів.

YOLO (You Only Look Once) – існують полегшені версії YOLO, наприклад Tiny YOLO, або спеціальні модифікації, які можна адаптувати для ESP32-CAM. Потребує оптимізації та квантизації моделі, але може забезпечити гарну продуктивність на обмежених пристроях. Продуктивність та точність YOLO на ESP32-CAM будуть обмеженими. Ці моделі часто використовують для класифікації зображень з низькою роздільною здатністю та споживають менше пам'яті. Ці методи можуть комбінуватися в залежності від задачі, що дозволяє реалізувати ефективне розпізнавання на малопотужних пристроях, таких як ESP32-CAM.

В результаті роботи розроблено прототип системи визначення об'єктів для наземного дрону (Рис.1) на основі мікроконтролера ESP32-CAM, що дозволяє ідентифікувати об'єкти в реальному часі з використанням алгоритмів комп'ютерного зору та програмне забезпечення для ESP32-CAM, яке реалізує обробку зображень та алгоритми машинного навчання.



Рисунок 1 – Прототип наземного дрону

МІГРАЦІЯ КОРИСТУВАЦЬКОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОМУ РЕІНЖИНІРІНГУ СКЛАДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Ключовими особливостями інтелектуального реінжинірингу є застосування передових технологій, глибокий аналіз, комплексний підхід до вдосконалення та забезпечення ефективності складних комп'ютерних систем (КС). Сучасний підхід до реінжинірингу на основі передових технологій та глибокого аналізу дозволяє підвищити ефективність, гнучкість та керованість таких систем.

Як показали дослідження, при реінжинірингу КС та переході на нові версії програмного забезпечення (ПЗ) фахівці стикаються з такими проблемами:

- необхідність реінжинірингу користувацьких розробок до та після їх міграції;
- міграція даних;
- аналіз сумісності систем в ландшафті.

В роботі розглянуто існуючі та перспективні підходи при міграції користувацьких розробок (користувацького програмного коду).

При переході на нову версію КС неминуче виникає проблема з великою кількістю розробок користувача, які перекривають функціональні прогалини поточної версії КС (специфічні бізнес-процеси, вимоги законодавства, розширення стандартних функцій КС, інтерфейси). Зазвичай зі стандартним програмним кодом проблем не виникає, тому що розробник ПЗ КС відстежує зміни в моделі даних, вносить зміни в код в рамках реінжинірингу функцій КС або в результаті змін в мові програмування. В той же час, всі користувацькі розробки повинні бути проаналізовані та адаптовані співробітниками компанії або підрядником для коректної роботи в новій версії КС. Ситуація може ускладнюватися через те, що підприємство змінює свою ІТ-стратегію та переносить всю або частину КС у публічні хмарні версії КС, які часто висувають додаткові жорсткі вимоги до користувацького коду в порівнянні з локальною версією (on-premise) КС та приватною хмарою (наприклад, SAP Public cloud vs SAP Private cloud).

Найчастіше аналіз і модифікація користувацького коду відбувається в «ручному» режимі, що спричиняє використання великої кількості людських ресурсів, часу і грошей. У підсумку, терміни міграції і бюджет переходу на

нову версію КС залежать від термінів і трудовитрат на аналіз і адаптацію розробок користувачів до нової версії.

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є максимальна автоматизація процесів аналізу та модифікації коду.

Аналіз ринку і практичний досвід показали, що деякі компанії почали використовувати інструменти для статичного аналізу існуючого коду, що дозволяє значно скоротити час на аналіз і модифікацію користувацького коду. Деякі з цих інструментів використовують аналізатори (наприклад, Embold, SonarQube, SAP ABAP Test Cockpit), але при переході на нові версії КС, крім аналізу коду, необхідно враховувати зміни в мові програмування, моделі даних, стандартному програмному коді нової версії КС.

Прикладом є реальний кейс інтелектуального реінжинірингу систем під час переходу від SAP ERP до SAP S/4HANA при якому особливу увагу варто приділити міграції даних і користувацькому коду на мові ABAP.

Першочерговими завданнями при міграції на SAP S/4HANA в контексті цієї роботи є проведення аналізу поточного стану користувацького коду, версій мови програмування, синтаксису і структури бази даних. Найкращі практики перетворення та адаптації до нової версії коду, що реалізовані в SAP Readiness Check та ABAP Test Cockpit (ATC), вирішують завдання, що пов'язані з оцінкою поточного стану, а також виявленням фрагментів коду для адаптації.

ATC використовує дані виклику функцій для ідентифікації невикористовуваного коду, щоб він не був перенесений у нове середовище, і рекомендує виправлення коду, які потребують коригування в SAP S/4HANA. ATC дозволяє прискорити аналіз користувацького коду, зменшити витрати на аналіз та модифікацію коду, але для деяких проєктів час переходу на нову версію КС та витрати на проєкт міграції залишаються достатньо високими. Тому, для реалізації концепції інтелектуального реінжинірингу пропонується підхід на основі аналізу та модифікації користувацького коду за допомогою машинного навчання.

Методи машинного навчання, включаючи embedding-моделі для аналізу патернів і пошуку схожих фрагментів коду між старою і новою версією КС, графові нейронні мережі (GNN) для дослідження структурних залежностей між об'єктами коду, а також обробка природної мови (NLP) для обробки коментарів і документації, що поєднують статичний аналіз з методами глибокого навчання, допоможуть поліпшити якість користувацького коду при міграції складних КС.

Отже, аналіз особливостей інтелектуального реінжинірингу КС показав, що актуальною задачею є розробка та використання автоматизованих рішень на основі машинного навчання при аналізі та міграції програмних розробок користувачів, що може значно підвищити ефективність міграції та переходу

до нових версій КС, використовуючи всі переваги сучасних технологій штучного інтелекту.

УДК 004.7

Туленков А.В.¹, Пархоменко А.В.²

¹ студ. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ LORA ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ПЛАТФОРМИ ЗЕЛЕНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Зелений університет (Green University, GU) – це стратегія, яка передбачає інтеграцію принципів сталого розвитку та інноваційних технологій для збільшення екологічної відповідальності через впровадження енергоефективних технологій та раціонального використання ресурсів [1].

Також задачею GU є розвиток екологічної свідомості (відповідальне сортування сміття, ощадливе використання енергетичних ресурсів та ін.) через підвищення обізнаності викладачів та студентів [2]. Концепція цифрової платформи GU охоплює питання, що стосуються систем електропостачання, інтелектуальних мереж, систем моніторингу та контролю споживання енергії, освітлення, інформаційного сервісу, водопостачання, а також пошуку нових рішень в даній області. Сучасний підхід до сталого розвитку у контексті GU реалізується за допомогою IoT технологій та цифрових сервісів [3].

Дослідження показали, що розробники найчастіше в якості основного контролера для бездротової IoT мережі сенсорів та актуаторів використовують контролер ESP32, який підтримує технології передачі на невеликій відстані (Wi-Fi та BLE). У якості серверу системи часто використовують локальний мінікомп'ютер Raspberry PI, рідше – хмарні сервіси. Найбільш використовуваними технологіями передачі даних у IoT системах є Wi-Fi та LoRa. Але аналіз показав, що технологія LoRa має низку переваг у порівнянні з Wi-Fi, оскільки забезпечує більшу дальність дії, стійкий протокол та високу проникність сигналу у міській забудові [4]. Крім того, технологія є масштабованою та енергоефективною і не потребує використання великої кількості енергоресурсів для своєї роботи. Також, технологія LoRa дозволяє реалізовувати самоорганізуючі мережі з комірковою топологією, що дозволяє розширити зону покриття, підвищити надійність мережі та стійкість до перешкод. Тому, для реалізації цифрової платформи GU було вирішено створити підсистему збору та передачі даних на великій відстані при низькому енергоспоживанні на основі контролера ESP32 з LoRa модулем та комірковою структурою мережі [5].

Огляд свідчить, що існує велика кількість апаратних чіпів LoRa (CC1101, LLCC68, nRF24L01, STM32WL, SX126x та ін.). В той же час, аналіз показав, що існуючі бібліотеки (Alora, Radio Head, RadioLib, LoRa-Mesh, SX126x-Arduino, LoRaDiMe, LoRa Mesher, Meshtastic) для створення мережі підтримують не всі чіпи та мають певні особливості використання та обмеження. Зокрема, аналіз існуючих бібліотек свідчить, що бібліотеки Alora, Radio Head, SX126x-Arduino, LoRa Mesher характеризуються розширеним описом алгоритмів та підтримкою великої кількості чіпів. Бібліотека RadioLib має найбільше прикладів та реалізацій додаткових протоколів, а бібліотеки LoRa-Mesh та LoRaDiMe вже не підтримуються розробниками. Бібліотека Meshtastic є найбільш розвинутою для побудови коміркової LoRa мережі, але й найбільш складною для інтеграції та внесення змін. Всі бібліотеки є відкритими (OpenSource) та доступними для користувацьких змін.

На основі проведеного аналізу, для реалізації підсистеми збору та передачі даних в системі GU було обрано бібліотеку Alora [6]. Ця бібліотека дозволяє реалізувати коміркову мережу з обмеженням в 48 пристроїв, є дуже зрозумілою для редагування та зміни вбудованих алгоритмів для розширення мережі та функціоналу. Для апаратної реалізації зв'язку між пристроями було обрано поширений чіп LoRa SX1262. Поєднання контролера ESP32 з чіпом SX1262 та застосування бібліотеки Alora забезпечує широке використання вбудованих можливостей та надає можливості динамічного тестування конфігурації мереж та передачі даних. Було проведено успішне тестування бібліотеки Alora для передачі даних на розроблених пристроях, на середній відстані між пристроями 100 метрів на частоті 868МГц, що підтвердило високу проникність сигналу на території університету.

В подальшій роботі буде проведено оптимізацію параметрів мережі, масштабування та підключення мережі до локального сервера, що дозволить створити ефективну підсистему збору та передачі даних для реалізації цифрової платформи GU.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Green Campus Initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: Students' perceptions / [J.M.P. Ribeiro, L. Hoeckesfeld, C. B. D. Magro et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 312. – 127671.
2. Methodology GreenMetric [Electronic resource]. – Access mode: <https://greenmetric.ui.ac.id/about/methodology>.
3. Abdulmouti, H. Smart Green Campus: The Campus of Tomorrow / H. Abdulmouti, Z. Skaf, S. Alblooshi // Advances in Science and Engineering Technolo-

gy: International Conferences (ASET). Dubai, United Arab Emirates, 21-24 February 2022: proceedings. Los Alamitos: IEEE, 2022. P. 1-8.

4. Why use LoRa instead of WiFi [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.loraantenna.com/why-use-lora-instead-of-wifi>.

5. Synchronous LoRa mesh network to monitor processes in underground infrastructure/ [C. Ebi, F. Schaltegger, A. Rust et al.]/ IEEE access. – 2019. P. 1-15.

6. Alora RFM1262 – LoRa Mesh Network [Electronic resource]. – Access mode: <https://learn.circuit.rocks/alora-rfm162-lora-mesh-network>.

УДК 004.8

Яценко А.К.¹, Пархоменко А.В.², Туленков А.В.¹, Пархоменко І.А.¹

¹ студ. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ АКУСТИЧНИХ ДАНИХ

Акустичне виявлення, класифікація та локалізація джерела звуку є важливими завданнями систем безпеки як для цивільного так і для військового застосування. Зокрема, виявлення безпілотних літальних апаратів за допомогою обробки акустичної інформації передбачає пасивне виявлення цілі за допомогою мікрофонів, що вимагає комплексного підходу до виявлення сигналу, зменшення шуму, класифікації, локалізації і зв'язку.

Як відомо, існуючі методи класифікації джерел звуку можна поділити на традиційні та сучасні [1]. Як показали проведені дослідження, автори на сьогодні пропонують використовувати як традиційні [2-3] так і сучасні [4-6] підходи до класифікації.

Серед традиційних методів можна виділити перехресну кореляційну функцію [2], триангуляцію та мультилатерацію [1]. Перехресна кореляційна функція є простою в реалізації, але вимагає значних ресурсів для довгих сигналів. Вона менш ефективна при часових зсувах або варіаціях і нехтує частотними характеристиками. Триангуляція має низьку вартість, але вимагає точного розміщення мікрофона. Мультилатерація є більш точною, але вимагає синхронізації датчиків і великих обчислювальних витрат.

Згорткові нейронні мережі, машини опорних векторів та випадковий ліс це три найпоширеніші алгоритми машинного навчання серед сучасних методів. Згорткові нейронні мережі відомі своєю високою точністю і здатністю навчатися на складних даних, але вони вимагають великих наборів даних для навчання і мають високі обчислювальні витрати під час навчання. Машини опорних векторів мають високу точність на невеликих наборах

даних, ефективні в складних завданнях класифікації, але вимагають ретельного підбору параметрів і функцій ядра. Випадковий ліс стійкіший до перенавчання і може працювати з великими наборами даних, але потребує більших обчислювальних витрат під час роботи з великими ансамблями, а також коригування глибини дерева і кількості дерев у лісі.

Аналіз показав, що існує ціла низка бібліотек для аналізу звуку, призначених для різних середовищ програмування та застосунків [7]. Python `pyAudioAnalysis`, `LibROSA` та `Yaafe` забезпечують видобування, класифікацію та аналіз аудіо в реальному часі. `Essentia` та `CLAM` на C++ пропонують комплексну обробку аудіо та машинне навчання. `aubio` на C призначений для аналізу живого виконання. Бібліотека `Matlab Audio Analysis Library` надає інструменти для вилучення та візуалізації звукових характеристик. `Seewave` пакет R, використовується в біоакустиці та екологічних дослідженнях. `Bob` бібліотека C++/Python, підтримує обробку сигналів, машинне навчання та відтворювані дослідження. Кожна бібліотека має свої сильні сторони, задовольняючи різні потреби в аналізі акустичних даних.

Для задачі акустичного розпізнавання БПЛА може бути рекомендовано використання бібліотеки `LibROSA`, оскільки вона забезпечує високу точність видобування аудіо ознак і є зручною для інтеграції з іншими інструментами машинного навчання. Додатково, `Essentia` може бути корисною для більш детального аналізу та експериментів з різними моделями класифікації завдяки своїй широкій функціональності та підтримці C++.

Отже, задача акустичного розпізнавання, локалізації та класифікації БПЛА є актуальною та потребує розв'язку на основі передових методів обробки сигналів та розпізнавання звуків, а також стратегічного розміщення датчиків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jekaterýńczuk, G. A Survey of Sound Source Localization and Detection Methods and Their Applications / G. Jekaterýńczuk, Z. Piotrowski // *Sensors*. – 2024. – Vol. 24. P.1-25.
2. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles / [V. Kartashov, V. Oleynikov, I. Korytsev et al.] // *Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering: 2020 IEEE 15th International Conference, Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29 February 2020: proceedings*. – Los Alamitos: IEEE, 2020. P. 1-4.
3. Sharma, G. Trends in audio signal feature extraction methods /G. Sharma, K. Umapathy, S. Krishnan// *Appl. Acoust.* – 2020. Vol. 158. 107020.
4. Unmanned Aerial Vehicles Detection Using Acoustics and Quantum Signal Processing / [K.Patel, L.Ramirez, D.Canales et al.] / *AIAA Science and*

Technology Forum and Exposition, Orlando, Florida, USA, 8-12 January 2024: proceedings. – 2024. – P. 1-18.

5. Development of an Acoustic System for UAV Detection/ [C. Dimitresku, M.Minea, I. M. Costea et al.] / Sensors. – 2020. Vol. 20(17). – P. 1-27.

6. DronePrint: Acoustic Signatures for Open-set Drone Detection and Identification with Online Data / [H. Kolamunna, T. Dahanayaka, J. Li et al.] //Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. 2021. – Vol. 5(1). – P. 1–31.

7. Evaluation of Classical Machine Learning Techniques towards Urban Sound Recognition on Embedded Systems / [B. da Silva, A. W. Happi, A. Braeken et al.] / Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9(18). – P. 1-27.

Наукове електронне видання
Можна використовувати в локальному
та мережному режимах

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ РАДІОТЕХНІКИ,
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Тези доповідей
XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Технічні редактори Д. М. Піза, О.Ю. Малий
Комп'ютерне верстання О.О. Піроженко, С.В. Шаптала
Відповідальний за випуск О.Ю. Малий

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM); супровідна
документація.

Тираж 100 прим. Зам. № 86

Видавець і виготовлювач
Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69011, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.