

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

ІВАЩЕНКО ВЛАДИСЛАВ РОМАНОВИЧ
Група КНТ-622м

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ
ФРАГМЕНТІВ МАПИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ

АВТОРЕФЕРАТ

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньої програми «Спеціалізовані комп'ютерні системи»

2023 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

Керівник

кандидат технічних наук, доцент
Скрупський Степан Юрійович,
Національний університет «Запорізька
політехніка», доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний
рецензент:**

Малий Олександр Юрійович,
к.т.н., доцент кафедри «Інформаційні
технології електронних засобів» НУ
«Запорізька політехніка»

Захист відбудеться "11" грудня 2023 р.

Секретар екзаменаційної комісії, старший викладач
кафедри «Комп'ютерні системи та мережі» Н.А. Куликовська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний світ активно розвивається завдяки впровадженню інноваційних технологій в різні сфери життя суспільства. Одним із важливих напрямів технологічного прогресу є використання нейронних мереж та методів глибокого навчання для аналізу великих масивів даних і вирішення складних задач, які раніше вимагали значних зусиль та часу. Нейронні мережі здатні моделювати складні залежності в даних і забезпечувати точне розпізнавання об'єктів та патернів.

За останні кілька років відбулися значні зміни в сфері картографування та аналізу геопросторових даних. Зростання обсягів даних, їх різноманітність та необхідність швидкого оновлення інформації створюють проблеми, які можна ефективно вирішити за допомогою штучного інтелекту. Актуальність використання штучного інтелекту у картографії полягає в здатності цієї технології адаптуватися до зростаючих потреб у точності та ефективності аналізу геопросторових даних. Сучасні алгоритми машинного навчання можуть самостійно вивчати та адаптуватися до нових умов, що робить їх ефективними в умовах мінливого середовища.

Особливо актуальним стає використання таких технологій в геоінформаційних системах, де існує потреба в аналізі супутникових знімків та визначенні характеристик об'єктів на мапі. Використання штучного інтелекту дозволяє ефективно виділяти та класифікувати різні фрагменти мапи, такі як дахи будівель, дорожню сітку, лісову рослинність, забезпечуючи точне визначення їх розташування та характеристик.

Однією з ключових актуальних проблем є необхідність оперативного та точного моніторингу природних катастроф, змін клімату та інших надзвичайних ситуацій. Тому з використанням ШІ можливо створити системи, які автоматично зможуть реагувати на зміни у геопросторовому середовищі та надати оперативну інформацію для прийняття рішень.

Актуальність ШІ також виявляється у здатності ефективно обробляти великі обсяги даних. Це важливо для різних сфер, включаючи транспорт, міське планування, сільське господарство та екологію, де потрібно швидко реагувати на зміни.

Наприклад, можна створити модель яка зможе використовуватися для моніторингу будівництва на супутникових знімках. Такий варіант можна застосувати для щорічної супутникової зйомки вибраних міст, де можна поррахувати порівняльну динаміку будівництва, або порівняти прогрес за роками. Крім того III можна використовувати якщо в ході будівництва потрібна інформація з більшою чистотою чи у певні терміни, окрім щорічної статистики.

Отже, актуальність використання III у картографії супутникових знімків зумовлена необхідністю прискорення та оптимізації процесів аналізу геопросторових даних у відповідь на сучасні проблеми та потреби суспільства.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської роботи полягає у розробці та дослідженні комп'ютерної системи, яка б використовувала штучний інтелект у геоінформаційних системах для прискорення картографування супутникових знімків.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі основні завдання:

- провести аналіз наявних підходів та алгоритмів для розпізнавання фрагментів мапи на супутникових знімках;
- розробити архітектуру та алгоритм комп'ютерної системи відповідно до результатів першого пункту;
- реалізувати та дослідити систему, яка впроваджує новий підхід у картографуванні супутникових знімків.

Об'єктом дослідження – комп'ютерна система розпізнавання фрагментів мапи

Предмет дослідження – використання штучного інтелекту для розпізнавання фрагментів мапи.

Наукова новизна отриманих результатів:

Наукова новизна полягає в застосуванні нейронних мереж для аналізу супутникових знімків, в розпізнаванні та класифікації об'єктів на мапі, що підвищує ефективність картографування супутникових знімків.

Практичне значення отриманих результатів:

Реалізація розробленого підходу дозволяє без надлишкових ресурсних витрат збільшити ефективність розпізнавання фрагментів мапи на супутникових знімках, що має перспективи використання у геоінформаційних системах.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основна частина містить 88 сторінок, 39 рисунків і 3 таблиці, список використаних джерел зі 43 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі проведено аналіз архітектури систем, які використовують нейронні мережі для розпізнавання та класифікації фрагментів мапи. За результатами аналізу було виявлено, що сучасні технології нейронних мереж глибокого навчання демонструють високу ефективність у вирішенні складних завдань аналізу зображень.

Для розпізнавання різних фрагментів мапи за допомогою штучних нейронних мереж, було наведено використання різних моделей нейронних мереж, кожна з яких повинна спеціалізуватися на визначенні конкретних об'єктів або фрагментів. Наприклад, було запропоновано модель для розпізнавання дахів будівель. Така модель призначається для аналізу супутникових знімків і може ефективно виділяти області, які відповідають дахам будівель.

Також було наведено, що для ефективної реалізації розпізнавання фрагментів мапи потрібно також обробляти отримані результати після проходження навченої моделі нейронної мережі.

Якщо опрацювати багато супутникових знімків, то можна отримати багато даних, які перевірити та обробити вручну є нереальним завданням. Навіть при задовільних результатах для використання в статистичних моделях просторового аналізу територій, такі контури можуть не відповідати вимогам для готової картографічної продукції. З візуальної точки зору користувача вони не виглядають естетично. Тому якщо оброблені дані обробити з використанням алгоритмів полігонізації, тоді візуальний результат значно поліпшиться. Таким чином, до розпізнавання фрагментів мапи штучним інтелектом можна також додати ще декілька етапів.

Перший алгоритм який можна включити в обробку результатів нейронної мережі це полігонізація. Якщо подивитися на будь-яку мапу, то можна визначити, що більшість будівель можна апроксимувати прямокутною формою, а більшість кутів саме прямими. Застосування показано на рисунку 1.

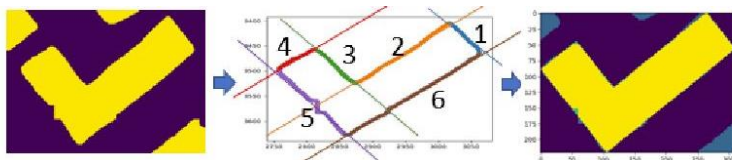


Рисунок 1 – Приклад застосування алгоритму полігонізації

Крім правильної форми, потрібно також включити метод вирівнювання будівель, розташованих вздовж доріг. Такий алгоритм дозволяє вирівнювати будівлі вздовж вулиць та відносно одна одної з метою досягнення максимальної точності відображення обстановки на місцевості. Застосування показано на рисунку 2.



Рисунок 2 – Приклад застосування алгоритму вирівнювання будівель

У результаті аналізу існуючих алгоритмів та підходів, для подальшої розробки було виявлено моделі нейронних мереж та розроблено новий підхід для розпізнавання фрагментів мапи на супутникових знімках.

У другому розділі оформлено вимоги до системи, що розробляється, описано структуру, архітектуру та процес її створення.

Важливим аспектом розробки є вибір відповідних інструментів та фреймворків. У проєкті було вирішено використовувати фреймворки NestJS, MongoDB та React, які забезпечують потрібний функціонал для реалізації серверної та клієнтської частини проєкту, а також відповідають сучасним вимогам до розробки програмного забезпечення. Також для розробки було проаналізовано різні архітектури комп'ютерних систем, та визначено що під розроблену систему підходить саме мікросервісна архітектура.

Окрім цього у процесі розробки сучасного веб додатку потрібно використовувати низку передових технологій та сервісів, кожен з яких відіграє ключову роль у забезпеченні функціональності та зручності для користувачів. Тому для реалізації комп'ютерної системи було обрано такі сервіси як: MongoDB Atlas для створення віддаленої бази даних, Mapbox GL для використання існуючого шару векторної та супутникової мапи, Dropbox як сервіс для зберігання файлів та Google OAuth як сервіс для можливості авторизації через існуючий акаунт

Після чого було розглянуто та проаналізовані бібліотеки для аналізування зображень такі як: OpenCV, SimpleCV, Dlib з яких було обрано сервіс Mapflow AI, оскільки ця платформа вже має готові початкові моделі штучного інтелекту для семантичного аналізу та класифікації зображень, що значно спрощує впровадження інтелектуальних аналітичних можливостей у проєкт. Структура комп'ютерної системи наведена на рисунку 3.

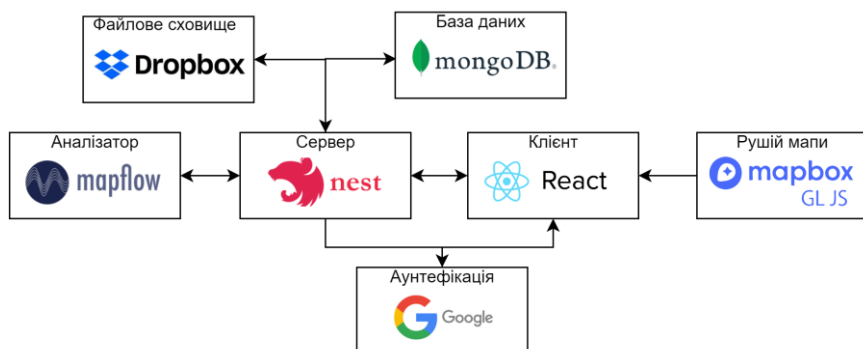


Рисунок 3 – Структура системи

Після чого було розроблено основні компоненти системи, такі як: ядро картографічного додатку, сервіс керування файлами, сервіс авторизації, а також систему для аналізу супутникових знімків.

У **третьому розділі** описано використання та дослідження системи. Розроблена комп'ютерна система має можливість створення об'єктів як вручну (з використанням спеціальних інструментів), так і за допомогою штучного інтелекту для розпізнавання фрагментів мапи. На рисунку 4 представлена основна базова сторінка додатку, яка включає в себе різноманітні можливості взаємодії з мапою, а також блок інструментів для створення нових об'єктів різними способами.

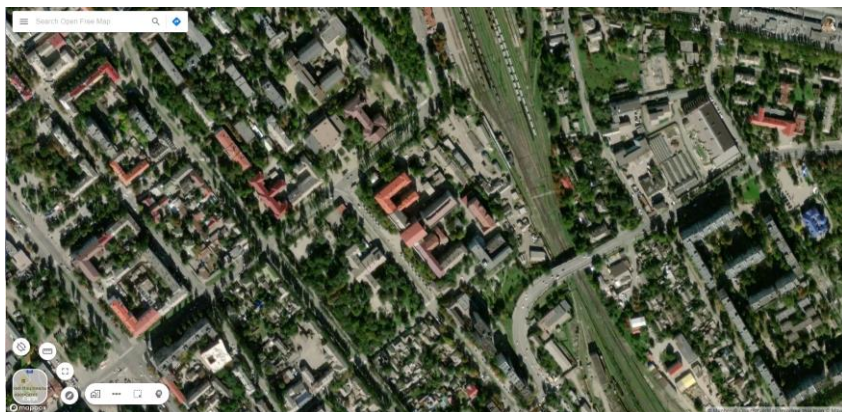


Рисунок 4 – Головна сторінка

Для аналізу нового підходу у картографуванні було обрано певний сектор (див рисунок 5), який було спочатку закартографовано ручним способом, а потім за допомогою використання штучного інтелекту. Також варто позначити, що картографування відбувалося з аналізом і повним додаванням потрібної інформації про створений об'єкт.



Рисунок 5 – Область для картографування

Для дослідження було обрано популярний сервіс OpenStreetMap (OSM), який дозволяє картографувати супутникові знімки, проте він покладається переважно на ручному внесенні даних, що може бути часозатратним і вимагати великої кількості людських ресурсів. Натомість, власна розробка інтегрує можливості штучного інтелекту для автоматизації процесу картографування, результати завдання наведені на рисунку 6.

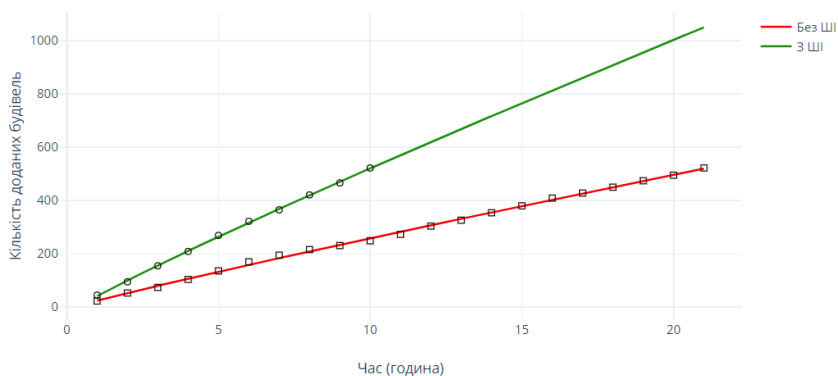


Рисунок 6 – Графік доданих будівель за проміжок часу

Як можна побачити з графіку, процес картографування з використанням штучного інтелекту (представлений зеленою лінією) виявився значно швидшим, через те що всі будівлі (522 одиниці) були додані приблизно за 10 годин. У той же час, процес картографування без використання штучного інтелекту показав гірші результати, адже таку ж кількість будівель вдалося додати лише після 21 години роботи. Початкова швидкість картографування в обох випадках була схожою, але з плином часу штучний інтелект дозволив значно прискорити процес, автоматизувавши більшу частину роботи, яка раніше потребувала ручного втручання. Враховуючи, що кількість доданих будівель з кожною годиною збільшувалась, можна зробити припущення, що за допомогою картографування з використанням штучного інтелекту через 21 годину можна було б додати приблизно 1000 будівель, що є майже вдвічі більше, ніж при звичайному ручному картографуванні.

Це порівняння показує, що використання ШІ в картографуванні може принести величезну користь, зокрема в плані ефективності та швидкості. Тому можна визначити наскільки такий варіант прискорить картографування. Для цього було використано формулу 1, за допомогою якої можна вирахувати наскільки було поліпшено час картографування.

$$\text{Прискорення} = \left(\frac{\text{Час} - \text{Час}_{\text{ШІ}}}{\text{Час}} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

де Час – витрачений час на картографування будівель без використання ШІ;

Час_{ШІ} – витрачений час з використанням ШІ.

Тобто, потрібно знайти абсолютно економію часу штучного інтелекту, що є різницю між часом без ШІ і часом з ШІ, та поділити на витрачений час без використання ШІ. Тобто, формула обчислює частку часу, збереженого за допомогою штучного інтелекту, і виражає її у відсотках. Цей відсоток показує, наскільки швидшим є процес картографування, коли використовується ШІ.

$$\text{Прискорення} = \left(\frac{20.7 - 10.2}{20.7} \right) \cdot 100\% = 50.7\% \approx 51\% \quad (2)$$

З формули 2 було розраховано, що відсоткове збільшення швидкості картографування за допомогою штучного інтелекту становить приблизно 51%. Таке значне збільшення підкреслює високу ефективність, яку можна досягти за допомогою картографування з використанням ШІ. Тому система, яка використовує ШІ для картографування, має великий потенціал, на відміну від поточної системи OpenStreetMap, де використовується лише ручний спосіб додавання будівель.

Таке прискорення картографування буде поліпшувати час на відміну від класичного ручного картографування. Потрібно зазначити, що часові затрати можуть суттєво варіюватися в залежності від конкретного завдання, обсягу даних та характеристик забезпечення яке використовує ШІ. Тому можна навести загальний порівняльний приклад часових витрат між класичним картографуванням та картографуванням за допомогою штучного інтелекту.

Таблиця 1 – Витрачений час методів картографування

Етап роботи	Класичне картографування	Картографування з використанням ШІ
Обробка знімків	Від декількох годин до декількох днів	Автоматично виконується після отримання знімку
Класифікація об'єктів на знімках	Залежно від складності, декілька годин до декількох днів.	Може бути виконано за декілька хвилин або навіть секунд
Оновлення та аналіз мапи	Залежить від періодичності оновлення, може займати певний час	Оновлення може бути автоматизованим

Цей порівняльний аналіз показує, що використання ШІ може значно зменшити часові затрати на кожному етапі процесу картографування, забезпечуючи більш ефективний та оперативний аналіз супутникових даних, але потрібно також врахувати можливу похибку, бо сучасні алгоритми хоча і можуть обробити супутникові знімки, але різні чинники можуть впливати на

результат цього процесу. Наприклад, можна виділити такі як: неякісні вихідні знімки, неточність алгоритму тощо. Тому варто подивитися на виникнення можливої похибки на кожному з етапів.

Тому точність картографічного аналізу на основі ІІІ порівняно з класичним картографуванням може значно відрізнятись в залежності від конкретного завдання, якістю вхідних даних та налаштувань самого алгоритму ІІІ. Нижче представлено загальну таблицю 2, де показано можлива різниця в точності між двома методами.

Таблиця 2 – Точність різних підходів

Етап роботи	Класичне картографування	Картографування з використанням ІІІ
Обробка знімків	Залежить від використаних інструментів, загалом висока точність	Точність може залежати від якості алгоритмів ІІІ, може варіюватися
Класифікація об'єктів на знімках	Зазвичай висока точність, але залежить від навичок фахівця	Точність може бути високою, але залежить від тренованої моделі
Оновлення та аналіз мап	Зазвичай висока точність при актуальних даних	Точність залежить від алгоритмів ІІІ

Важливо враховувати, що точність використання ІІІ може значно покращитися з розвитком та вдосконаленням алгоритмів, а також з використанням більш різноманітних навчальних даних. Тому варто зазначити що при використанні ІІІ потрібно перевіряти результат, та за потреби, вносити відповідні зміни.

Проаналізувавши такі чинники як швидкість та точність картографування, можна навести таблицю як таке використання штучного інтелекту зможе заощадити витрати. Тобто, можна врахувати такий аспект, що знадобиться менше картографів для картографування знімків. Тому використання ІІІ у картографії

може призвести до заощадження витрат через автоматизацію та оптимізацію робочих процесів.

Таблиця 3.3 – Кількість фахівців при різних підходах

Етап роботи	Класичне картографування	Картографування з використанням ШІ
Обробка знімків	Вимагає значного кількості фахівців	Може значно зменшити кількість фахівців
Класифікація об'єктів на знімках	Вимагає певну кількість фахівців	Може зменшити кількість фахівців, але все ще потребує певну кількість для перевірки результату
Оновлення та аналіз мап	Вимагає значного кількості фахівців	Може значно зменшити кількість фахівців

Впроваджений підхід для картографування супутникових знімків не лише збільшує швидкість обробки великих обсягів даних геопросторової інформації, але також може заощадити витрати на оплату праці фахівцям. Тому такий підхід має великий потенціал для подальшого розвитку та оптимізації методів картографування супутникових знімків.

ВИСНОВКИ

Результати, отримані в магістерській роботі, є рішенням практичної задачі підвищення ефективності картографування фрагментів мапи супутникових знімків.

Отримано такі теоретичні та практичні результати:

1. Проведено аналіз архітектури систем, які використовують нейронні мережі для розпізнавання та класифікації фрагментів мапи. Також було виявлено, що сучасні технології нейронних мереж глибокого навчання демонструють високу ефективність у вирішенні складних завдань аналізу зображень.

2. Розроблено комп'ютерну систему, яка дозволяє розпізнавати фрагменти мапи зі супутникових знімків. Було проведено вибір інструментів та фреймворків для забезпечення необхідного функціоналу серверної та клієнтської частини проєкту.

3. Проведено дослідження нового підходу та виявлено високу функціональність і ефективність в порівнянні з класичним підходом у картографуванні, який використовується в інших системах. Зазначено, що використання штучного інтелекту не лише прискорює процес аналізу геопросторової інформації та збільшує швидкість обробки великих обсягів даних, а також може значно заощадити витрати, оскільки для картографування супутникових знімків знадобиться менша кількість фахівців.

Таким чином, всі поставлені в роботі задачі виконані й мета досягнута.