

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У БОРТОВИХ
НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи КНТ-622м
спеціальності _____

123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма (спеціалізація)

«Спеціалізовані комп'ютерні системи»

(код і найменування спеціальності)

БАХМЕТЬЄВ В. В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КИРИЧЕК Г.Г.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАЛИЙ О.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Комп'ютерних наук і технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»
Ступінь вищої освіти магістерський
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Спеціалізовані комп'ютерні системи»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Кудерметов Р.К.

“24” жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

БАХМЕТЬЄВА Владислава Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Засоби зменшення графічної інформації у бортових навігаційних системах сільськогосподарського призначення

керівник проєкту (роботи) к. т. н., доцент, КИРИЧЕК Галина Григорівна

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” жовтня 2023 року №400

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 13 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) алгоритми стиснення графічних даних, плата Raspberry Pi 4, дисплей GreenStar 2630, GPS шилд, приймач StarFire 3000, мережевий адаптер, програмне забезпечення Nextion Editor

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Завдання навігації у системах управління та контролю в сільському господарстві;

2) Дослідження системи і методів мінімізації обсягу інформаційних даних графічних елементів;

3) Аналіз характеристик і ефективності досліджуваних методів;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	КИРИЧЕК Г. Г., доцент		
нормоконтроль	ЩЕРБАК Н.В., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 01.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз наявних алгоритмів, методів та способів зменшення обсягу зменшення графічної інформації, їх недоліків та переваг	10.10.2023 р.	
2	Аналіз структури системи	15.10.2023 р.	
3	Дослідження алгоритму роботи системи 	20.10.2023 р.	
4	Реалізація бортової навігаційної системи	05.10.2023 р.	
5	Дослідження бортової навігаційної системи	20.11.2023 р.	
6	Оформлення отриманих результатів у ПЗ	25.11.2023 р.	
7	Оформлення графічного матеріалу	01.12.2023 р.	
8	Оформлення допоміжного матеріалу	10.12.2023 р.	

Студент Бах Владислав БАХМЕТЬСВ
(підпис) (ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)  Галина КИРИЧЕК
(підпис) (ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 81 с., 35 рис., 5 табл., 31 посилання.

GPS, ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС, НАВІГАЦІЯ, ОБСЯГ ДАНИХ, ШВИДІКІСТЬ ПЕРЕДАЧІ, ПЛАТА, РЕЖИМ РОБОТИ, ТРАНСПОРТ

Об'єкт дослідження – процес зменшення графічної інформації у бортових навігаційних системах сільськогосподарського призначення.

Предмет дослідження - моделі, методи, програмні засоби зменшення графічної інформації у бортових навігаційних системах сільськогосподарського призначення.

Метою дослідження є зменшення обсягу графічної інформації в бортових навігаційних системах, забезпечення стабільної роботи такої системи в сільськогосподарському транспорті.

У першому розділі розглянуто основні задачі бортових навігаційних систем, наведено порівняльну таблицю існуючих геоінформаційних систем, математично виявлено проблему передачі графічних даних через мобільні мережі.

У другому розділі проаналізовано характеристики доступних апаратних модулів. Виявлені переваги використання плати Raspberry Pi 4, шилда GPS, приймача StarFire 3000, дисплея GreenStar 2630.

У третьому розділі наведений інтерфейс системи, розглянуто доступні методи і алгоритми стиснення графічного зображення, виявлено, що використання заданих режимів роботи є найефективнішим методом вирішення надмірності даних

Робота має практичну цінність, отримані результати можна використовувати для використання в сільськогосподарських умовах, проаналізовані методи зменшення графічної інформації дають широкі можливості для подальшого розвитку у цьому напрямку.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's work: 81 p., 35 figures, 5 tables, 31 sources.

BOARD, DATA VOLUME, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, GPS, GRAPHICAL INTERFACE, NAVIGATION, OPERATING MODE, TRANSMISSION SPEED, TRANSPORT

Object of research - the process of reducing graphic information in on-board navigation systems for agricultural purposes.

Subject of research - models, methods, software tools for reducing graphic information in on-board navigation systems for agricultural purposes.

The purpose of the study is to reduce the amount of graphic information in on-board navigation systems, to ensure the stable operation of such a system in agricultural transport.

The first section discusses the main tasks of on-board navigation systems, provides a comparative table of existing geographic information systems, and mathematically identifies the problem of transmitting graphic data over mobile networks.

The second section analyzes the characteristics of available hardware modules. The advantages of using the Raspberry Pi 4 board, GPS shield, StarFire 3000 receiver, and GreenStar 2630 display are revealed.

The third section presents the system interface, discusses the available methods and algorithms for compressing graphic images, and reveals that the use of predefined modes of operation is the most effective method for solving data redundancy.

The work is of practical value, the results obtained can be used in agricultural conditions, the analyzed methods of reducing graphic information provide ample opportunities for further development in this direction.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	8
Вступ.....	9
1 Завдання навігації у системах управління та контролю в сільському господарстві.....	12
1.1 Геоінформаційна частина в управлінні сучасним сільським господарством ...	12
1.2 Методи оптимізації та підвищення ефективності використання сільськогосподарського транспорту на основі мікроконтролерних систем	20
1.3 Аналіз задач управління транспортом і рухомою технікою у сільському господарстві.....	24
1.4 Особливості завдання графічного відображення інформації користувачам та операторам при виконанні сільськогосподарських задач.....	26
1.5 Аналіз прототипів та аналогів, дослідження їх характеристик, виявлення недоліків та обмежуючих факторів.....	29
1.6 Постановка задачі.....	35
1.7 Висновки до розділу 1	37
2 Дослідження системи і методів мінімізації обсягу інформаційних даних графічних елементів.....	38
2.1 Аналіз методів організації та мінімізації графічних інтерфейсів у задачах навігації і керування.....	38
2.2 Аналіз та оцінка характеристик і різновидів використовуваного апаратного забезпечення	40
2.3 Пошук та дослідження методів зменшення обсягу графічних даних в транспортних бортових навігаційних системах для сільського господарства	49
2.4 Аналіз складових для функціонування бортової навігаційної системи для сільського господарства і реалізація прототипу системи	58
2.5 Висновки до розділу 2.....	61
3 Аналіз характеристик і ефективності досліджуваних методів	62

3.1 Аналіз основних характеристик досліджуваного інтерфейсу і системи	62
3.2 Аналіз ефективності досліджуваних методів та використовуваної системи	70
3.3 Аналіз можливих недоліків та варіантів подальшої модернізації системи	71
3.4 Висновки до розділу 3	77
Висновки.....	78
Перелік джерел посилання	79

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АСУ- автоматизована система управління;

ГІС – геоінформаційна система;

ЕСУР – електронна система управління рухом;

ПЗ – програмне забезпечення;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;

GPRS - General Packet Radio Service;

GPS - Global Positioning System;

GSM - Groupe Special Mobile;

HMI - Human-machine Interface, людино-машинний інтерфейс;

JPEG - Joint Photographic Expert Group;

LZW - Lempel, Ziv, Welch;

RLE - Run Length Encoding.

ВСТУП

Сучасний навколишній світ, який нас оточує, дуже зобов'язаний технічній революції у сфері сільського господарства. Технологічний прогрес та оновлення матеріальної бази в багато разів підвищили ефективність праці та загальний об'єм підсумкової продукції в цій галузі, і, наразі, невеликий відсоток робітників, які зайняті в сільському господарстві в різних частинах світу, здатні прогодувати та забезпечити, при правильному розподіленні, все населення Землі. Зараз прогрес теж не зупиняється, і з'являються нові методи підвищення продуктивності праці у цій сфері. І важливою та актуальною технологією сучасності є точне землеробство.

Точне землеробство – це велика кількість різних технологій, що запроваджуються за рішенням функціонерів або керівників підприємств, що задіяні у сільськогосподарському секторі. В тому числі, новітню технологію Serverless computing [1] і бази даних різних типів [2] для збереження великого об'єму інформації, особливо, графічної її частини, що є дуже важливим елементом взаємодії користувачів і системи [3].

Тому, для кожного підприємства можна застосовувати всі або тільки частину потрібних технологій, які дадуть найбільший позитивний ефект.

Основною частиною системи такого типу є застосування точних карт полів і угідь з усіма їх промисловими та ландшафтними характеристиками. І, авжеж, для кожного поля існують базові кадастрові карти, які визначають його офіційні межі на місцевості, але вони майже не дають ніякої ефективної та корисної інформації для підприємства.

Ефект точного землеробства розподіляється на декілька частин [4]:

- вдосконалення усього агровиробництва завдяки обліку біологічних потреб для рослин мінералів та добрив;
- зменшення негативного екологічного впливу господарств на середовище завдяки контролю за використанням техніки і азотних добрив;

- спрощення планування робіт для господарства та контролювання робочого часу без надмірних витрат;
- збільшення ефективності та продуктивності підприємства, та скорочення регулярних витрат.

На сьогоднішній час, однією з ефективних і популярних технологій точного землеробства у сфері є система паралельного водіння, яка потребує менші витрати на впровадження та використання, ніж інші системи, і ефект від її запровадження з'являється максимально швидко. Така система дозволяє проводити польові роботи з максимальною ефективністю, точністю і невеликою частиною допоміжних дій.

Можливість обробки полів в темряві з однаковою продуктивністю, як і в денний час, також є важливою перевагою подібної системи в сфері, де, через погодні і кліматичні умови є обмежений час на роботу, інколи, доступні лише декілька днів.

Тому, точне землеробство зараз – це об'ємна концепція та підхід до управління виробничим процесом у сільському господарстві, а не тільки список деяких корисних рішень. До неї відносять усі технології та системи, що працюють завдяки на високотехнологічним комп'ютерним та супутниковим системам, та використовуються для оптимізації використання ресурсів та отримання готового продукту.

До точного землеробства відносяться як вже згадані системи паралельного водіння і картографування, так і більш звичні звичайним людям [5]:

- GPS-моніторинг та супутникова навігація (використовується для керування технікою та постійного відстеження її на місцевості);
- мобільні пристрої (смартфони, планшети, ноутбуки зі спеціалізованим програмним забезпеченням (ПЗ) для аналізу стану ділянок на місці робіт);
- робототехніка (автоматизовані машини оптимізують витрату людського часу на задачі та питання, що не потребують втручання людини);
- автоматичні системи дистанційного зондування, зрошення і поливу (можуть відстежувати стан і вологість ґрунту для поливу потрібних ділянок без ручного керування оператором);

- смарт-технології (працюють за принципом поєднання усіх частин сільськогосподарського процесу у єдину інформаційну систему для віддаленого відстеження і контролю, аналогом такої системи можна назвати технологію «розумного будинку»).

Точне землеробство наразі не є універсальним інструментом для кожного господарства, бо вимагає значних інвестицій часу і грошей одразу, але окупається дуже швидко. Тому, наразі, більшість сільськогосподарських комплексів прагнуть опанувати дану систему.

Основною проблемою і перепорою для використання таких систем є недостатні умови в «полі» для актуалізації і передачі потрібної інформації під час робочого процесу. З цього виникає актуальність дослідження способів зменшення усіх обсягів інформації, що передається у бортових навігаційних системах.

1 ЗАВДАННЯ НАВІГАЦІЇ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

1.1 Геоінформаційна частина в управлінні сучасним сільським господарством

Наразі, застосування геоінформаційних систем (ГІС) в агропідприємствах стає постійною частиною управління, і розвиток комп'ютерних мереж дає можливість за незначний час пов'язувати системи, що знаходяться в будь-яких точках світу. Постійне використання та збільшення територій доступності мережі Інтернет забезпечує розповсюдження інформації між робітниками різних професій, і надає широкий доступ до потрібної інформації в конкретній галузі спеціалістам.

Графічний характер роботи у мережі стає причиною популярності уявлення карт. У сучасному житті карти грають значну роль в побуті і роботі, та представляють собою ефективний метод використання, збереження і передачі просторової інформації користувачам і системам. У різних форматах карти супроводжують всіх людей протягом життя, починаючи з свідомої пори. Але виявити інформацію, що принесе користь у потрібній професійній галузі, з карт можна тоді, коли користувачі мають можливість швидко і вільно навчитися роботі з ними для легкого отримання і обробки інформації з них. Це зумовлено тим, що ніякий словесний або математичний опис не може замінити повне картографічне зображення через те, що лише таке зображення максимально детально і повно конкретизує інформацію про просторове розміщення всіх важливих об'єктів, виявляє закономірності розташування таких об'єктів та можливі зв'язки між ними, графічно демонструє окремі їх параметри [6].

На сьогоднішній день, оптимальним та ефективним рішенням для передачі картографічної інформації і даних в Інтернеті є картографічний сервер ArcIMS. Завдяки йому користувачі ArcGIS мають можливість проводити декілька видів аналізу (просторовий, географічний, ландшафтний тощо) з використанням багатьох можливих наборів доступних даних: рельєфів, таблиць значень, даних

просторових об'єктів, доступних растрів, мережових даних, списків доступних проведених аналізів, геометричних мереж тощо [7].

Така ситуація якісно впливає на сільське господарство в індустріально розвинених країнах по всьому світу, де багато процесів цієї сфери використовуються та базуються на повністю промисловій основі, та їх циклах виробничого процесу. Така ситуація зумовлює використання сучасних комп'ютерних і мережових технологій разом з звичною сільськогосподарською технікою, системою добрив та активних сільськогосподарських хімікатів, новітніх агрономічних методів тощо.

Застосування комп'ютерів у промисловості забезпечило величезне підвищення ефективності виробництва і праці на виробництвах у більшості галузей, а також, зумовило підвищення якості готової продукції та її вартості. Нерідко, початок масового застосування комп'ютерів та інформаційних систем називають другою масштабною промисловою революцією. Таким значним бачать ефект від застосування та розповсюдження комп'ютерів та автоматичних систем для сучасності.

Водночас, окремо комп'ютери і подібне спеціалізоване програмне забезпечення не можуть замінити звичайний сільськогосподарський інструментарій та техніку, але вони дають дуже корисну інформацію щодо їх правильного і оптимального використання, та подальшого можливого розвитку.

У повноцінне використання вже давно увійшли системи обробки даних щодо місць, обсягу та часу використання добрив, активних хімікатів. Також, розповсюджені для використання бази даних різноманітних професійних словників термінів різними мовами, допоміжні програми операторам різноманітної техніки та пристроїв.

Але, основну свою роботу комп'ютери та інформаційні системи все ж виконують безпосередньо працюючи з даними, отриманими на сільськогосподарській місцевості.

Основним фактором цього є необхідність збору, ведення, актуалізації і аналізу інформаційних баз даних на великих ділянках та угіддях з урахуванням періодичності робіт, і використання цих даних на великому проміжку часу.

Значну особливість застосування нових інформаційних технологій в сільському господарстві зумовлює те, що більшість використовуваних даних мають просторову (картографічну) прив'язку. Такі умови накладають на інформаційні системи конкретні умови, без задоволення яких використання таких систем не призведе до підвищення продуктивності роботи і зменшення вартості готового продукту.

Для прикладу, якщо нам потрібно отримати повний аналіз розподілення зволоження ґрунту відносно його повної продуктивності, то потрібні дані в системі мають використовуватися в спільній координатній системі, використовувати однакову координатну точність та усі додаткові параметри, що впливають на точність аналізу і вимірювання.

Використовувати і аналізувати ці дані здатні лише програми, які заточені для роботи з одержуваною просторовою інформацією. Зазвичай, такі програми називають терміном - географічні інформаційні системи (ГІС). Такі системи дають можливість проводити інтеграції, аналіз та уточнювальні процедури отримуваних даних і параметрів.

Системи такого типу мають функціонал для створення і адміністрування окремих кадастрових наземних та водних об'єктів і ділянок, спостереження за погодою та екологічним станом, керування персоналом на місцях з урахуванням отримуваних даних, регулювання ризиків та активних надзвичайних ситуацій, аналізу статистичних даних щодо врожайності та промислового процесу.

В сфері сільського господарства геоінформаційні системи охоплюють усі представлені просторові і промислові рівні. Вони можуть працювати на базових рівнях окремих угідь і господарств (муніципальний, локальний), так і в межах регіону чи країни. Окремі частини таких систем застосовуються для планування і аналізу навіть на глобальному рівні, але таке масштабування потребує дуже значних витрат і регулювання роботи такої системи.

У звичайному режимі такі системи обробляють, поєднують і аналізують різноманітну інформацію про земельну ділянку, окрему область чи, навіть, земну поверхню. Основними даними для таких систем є картографічна інформація, готові дані окремих земельних державних кадастрів, гідрометеорологічні дослідження, польова топогеодезична інформація, параметри, які надані оператором у ручному режимі тощо. Функціонування ГІС позитивно впливає на оперативність прийняття рішення в усіх галузях сільськогосподарського комплексу і на всіх вже зазначених різномасштабних рівнях [8].

Головними та першочерговими джерелами даних для ГІС усіх рівнів є польові дослідження та виміри з їх обробкою і аналізом, а, також, моделювання і графічні знімки з повітря та космосу за допомогою літальних апаратів (безпілотників, комерційних та метеорологічних літаків тощо) і космічних апаратів (супутників, станцій). Дані, які отримані за допомогою зйомки з космосу чи повітря, дають можливість регулювати загальні обсяги, щільність та рівномірність росту культур, задовільність зволоження та збагачення ґрунту тощо.

Дуже важливою частиною ГІС є можливість проведення топографічного аналізу. Це дає можливість конструювати об'ємну географічну і гідрологічну карту місцевості, взявши за основу отриману цифрові моделі карт рельєфу, а саме розташування і величини схилів або ухилів, коефіцієнти інсоляції, положення та активність поверхневого стоку і підземних вод. Також з'являється можливість моделювання карт ерозійного потенціалу місцевості.

За допомогою геостатичного дослідження можна побудувати систему просторових та часових відношень на ефективність вирощування агрокультур. Враховується значна кількість отриманих даних щодо параметрів ґрунту: вологість, обсяги природних мінералів, максимальна кислотність, загальний хімічний склад, обсяг втручання підприємства кількістю добрив та хімікатів, час їх додавання.

Поєднання і обробка всіх даних, отриманих після проведення усіх видів таких аналізів дає можливість зрозуміти вплив агропромисловості в цілому та окремих

підприємств на екологію досліджуваної ділянки чи промислового регіону, а, також, перспективи розробки нових місцевостей.

Така система надає можливість контролювати вплив промисловості для зменшення ризиків появи негативних екологічних факторів та надмірних витрат для купування можливих втрат ефективності виробництва через зовнішні фактори, що супроводжують сільське господарство.

Отримані за допомогою ГІС дані, в основному, використовуються для конкретного агропідприємства, чи, цілком, для всього регіону робіт. У такому форматі основною перевагою таких систем стає висока робоча точність і цільність отриманих даних, а, також, можливість проводити дослідження та збір даних з ґрунту під час підготовчого періоду, чи самих робіт.

Геоінформаційна система, що призначена для роботи на регіональному рівні, веде статистику та облік промислових угідь, може формулювати оцінку вартості та ефективності землі за допомогою отриманої інформації з проведених на місці досліджень, контролю та обліку роботи аграрних підприємств, реагує на можливі надзвичайні ситуації за допомогою функції зв'язку з контрольними органами з надзвичайних ситуацій для підприємства або регіону, аналізує можливі фінансові і екологічні ризики.

Геоінформаційні технології, спроектовані для регіонального користування, часто використовуються керівництвом регіонів для консультацій і надання послуг сільськогосподарським підприємствам на підконтрольній місцевості.

Такий вид послуг зумовлений тим, що операторів ГІС недостатньо для збирання усієї повної інформації і наступного її аналізу на кожному окремому підприємстві і сільському господарстві. Централізація і масштабування на весь регіон аналітичних пристроїв і операторів надає значно точніший і детальніший аналіз всього агрокомплексу регіону.

Основним же недоліком таких систем стає висока вартість, особливо за умов великої площі обробки та контролю процесу роботи в кожному конкретному випадку.

Але, в такій конфігурації, висока початкова вартість розподіляється між основними підприємствами і власниками, що нівелює основну проблему ціни для кожного конкретного користувача, і повністю прибирає із урахування звичайних підприємств питання витрати часу на введення в експлуатацію такої системи, чи підготовки фахівців – операторів. Таким чином, таке розподілення гарно відобразиться на загальній ефективності сільськогосподарського комплексу регіону в цілому [8].

Майже в кожній геоінформаційній системі є максимально доступні і детальні методи та засоби отримання, обробки і виведення інформації для користувачів. Серед таких засобів можна виділити велику різноманітність карт, графіків і схем даних, згрупованих за категоріями таблиць, зображень та діаграм. Майже для всіх цих засобів є можливість редагування та внесення додаткових параметрів, що підвищує ефективність аналізу інформації системою. Можливість створення детальних і високоякісних графічних карт, що повністю співпадають, а, інколи, й мають вищу якість та інформативність за стандартні паперові аналоги, є одною з важливих частин використання ГІС у сучасному світі загалом, і в сільськогосподарській сфері в цілому.

В більшості геоінформаційних систем є можливість та засоби самостійного створення програм чи додатків для вдосконалення і пристосування базового програмного забезпечення конкретної системи. Таке створення можливе не тільки на спеціалізованих для конкретної системи чи пристрою мовах програмування, а й на усій сім'ї мов C, Java, Python тощо [9].

Наразі, існує два види подання графічної інформації в подібних системах: растрові і векторні форми.

Растрове зображення є першим видом, що представляє собою сітку пікселів, що називається растр, та має прямокутний формфактор, що використовуються у графічних пристроях і зображуваних матеріалах.

Основні характеристики растрового зображення:

- кількість пікселів (різноманітна (ширина $\times$ висота), основні наразі - 1024×768 , 1920×1080 , 3840×2160);

- кількість доступних для використання кольорів або глибина кольору;
- колірний простір - RGB, CMYK, XYZ тощо;

Глибина кольору – це повна кількість бітів, що застосовуються для повного кодування кольору окремого пікселя у зазначеному зображенні. Через це, інколи, її ще називають бітовою глибиною кольору [10].

Збереження растрових зображень має свою специфіку. Вони зберігаються у системі, чи на носії, у максимально стислому вигляді для економії місця та зменшення навантаження. Тому, метод, та якість стиснення часто зумовлюють можливість відновлення зображення у первинному вигляді. Інколи, таке відновлення можливе тільки з втратами якості і інформації, інколи – повністю неможливе. Це може бути дуже важливим параметром, бо графічний файл з растровим типом може зберігати різноманітну інформацію про себе, що може з'явитися корисним для ГІС.

Існує декілька можливих для використання алгоритмів щодо стиснення зображення без втрат [10]:

- BMP (зображення створюється у вигляді двовимірного масиву з пікселів, де всі окремі пікселі мають конкретизоване положення та власний колір. Може зберігати монохромні, чи кольорові зображення 2D – формату різних розмірів, але, через залежність від роздільної здатності, при збільшенні зображення буде падати якість і чіткість);

- GIF (використовується, в більшості випадків, для збереження та створення анімації з підтримкою 256 кольорів, один з яких – прозорий)

- PNG (розроблений на заміну GIF на принципах вільного розповсюдження з тим же базовим функціоналом, окрім можливості створювати і зберігати анімацію – зображення статичні);

- TIFF (має підтримку значної кількості кольорових моделей та налаштувань стиснення, широко використовується в поліграфії);

Для стиснення з втратами є формат JPEG. Стиснення відбувається завдяки методу зведення до змішаного середнього кольору декількох пікселів (без зміни яскравості), що знаходяться поруч, і виключення із складу зображення

високочастотних елементів просторового спектру. Формат не підтримує прозорість, чи анімацію, втрата якості при стисненні також суттєва.

Перевага використання растрових зображень [10]:

- поширеність у поточних інформаційних системах всіх типів і призначень;
- можна зберігати і змінювати будь-яке графічне зображення, незалежно від його розмірів і різноманіття змісту;
- висока швидкість обробки складних різноформатних зображень, коли задача не потребує значного масштабування у будь-яку сторону.

Недоліки:

- значний розмір у звичайних зображень, через його пропорційність до розміру і інших параметрів;
- ідеальне масштабування неможливе, через наявність параметрів роздільної здатності і глибини кольору;
- не підтримується пристроями з лише векторним типом (особливо від цього залежить друк);
- складність редагування фрагментів зображення для простих користувачів (компенсується широкими можливостями для змін та управління ефектами, глибиною кольорів та іншими параметрами для досвідчених користувачів).

Векторна графіка використовує базовими елементами своїх зображень «опорні» точки та з'єднуючі їх лінії, які рахуються за єдиний об'єкт. Це сильно зменшує фактичний обсяг додаткової інформації для відображення об'єкта, і загальний розмір файлу. Такі лінії у векторній графіці описуються формою, загальною товщиною, кольором, типом [11].

Окрім можливості описати зображення великого об'єму файлом невеликого розміру, для векторних зображень є можливість масштабування та редагування без втрати якості – всі елементи зображення (лінії) залишаються гладкими та без зміщень.

Головним мінусом векторної графіки є те, що отримати природне зображення фотографічної якості з усіма наявними ефектами майже неможливо.

Це зумовлено тим, що стандартна фотографія має різноманітний і складний розподіл яскравості і кольору для кожного пікселя [12].

Таким чином, аналіз демонструє актуальність дослідження використання ГІС у сільському господарстві, його позитивний вплив на цю сферу, та доцільність подальшого розвитку цього напрямку.

1.2 Методи оптимізації та підвищення ефективності використання сільськогосподарського транспорту на основі мікроконтролерних систем

У сучасній сільськогосподарській галузі транспорт є одним з найважливіших частин інфраструктури підприємства, від оснащеності ним агропромисловості залежить своєчасність виконання усіх процедур і робіт, вартість, якість і кількість продукції. У деяких випадках робота загалом неможлива без використання транспорту та сільськогосподарських машин.

Для вирішення сучасних проблем промисловості, і виконання поставлених цілей необхідно постійно оновлювати і модернізувати транспортні засоби та обладнання, їх технічне та програмне забезпечення.

Статистика компаній - виробників сучасних транспортних засобів (як цивільних, так і промислових) демонструє, що такі модернізації зараз, в основному, засновані на швидкому впровадженні і розповсюдженні електронних систем управління рухом (ЕСУР), що забезпечують високі показники ефективності і продуктивності.

Такі системи складаються з мікропроцесорного електронного блоку управління, набору специфічних датчиків, виконавчих пристроїв і проводів для з'єднання елементів.

Через те, що, в більшості випадків, ЕСУР знаходиться недалеко від двигуна транспорту (бо часто включає в себе електронну систему управління двигуном (ЕСУД)), є вірогідність появи збою або пошкодження напівпровідникових

приладів, які чутливі до нагріву, особливо в умовах переміщення або польових робіт при високій температурі навколишнього повітря або іншого середовища.

Згідно сучасним критеріям, такі системи повинні відповідати декільком вимогам для ефективного функціонування:

- працездатність в умовах підвищеної температури без додаткових пристроїв відведення накопленого тепла (через вже згадані стандартні особливості місцерозташування);

- зменшення впливу на роботу ЕСУР електромагнітних перешкод;

- невеликі витрати енергії для забезпечення роботи.

В результаті такої постійної модернізації та автоматизації розробляються нові, складні для швидкого опанування, пристрої. Це потребує реалізації нових простих, але ефективних інтерфейсів, що будуть легкими для інтуїтивного розуміння оператором.

Але головне в будь-якій такій системі управління - організація взаємодії між людиною і програмно-апаратним комплексом.

Тому, збільшення ефективності досягається завдяки наступним елементам і параметрам:

- поточний контроль стану обладнання системою, зберігання звіту для оператора;

- вирішення задач навігації і переміщення;

- організація детальної і простої взаємодії з оператором;

- вдосконалення функцій голосового і графічного керувального інтерфейсу.

Інтерфейс - головний метод взаємодії всіх сучасних інформаційних систем, і сукупність засобів, за допомогою яких користувач спілкується з різними пристроями. Незмінність і стабільність інтерфейсу дає можливість модернізувати і змінювати сам об'єкт, не змінюючи базові принципи його взаємодії з іншими об'єктами та користувачем. Таким чином, полегшується опанування користувачем (оператором) нових програм при наявності досвіду з роботою з іншою програмою, яка має таких самий інтерфейс [13].

З цього виходить, що одним з основних параметрів ефективності роботи інформаційної системи є доступність і зручність комунікації (взаємодії) між користувачем і програмно – апаратним комплексом.

Забезпечення подібної комунікації стає завданням людино-машинного інтерфейсу (Human machine interface (HMI)).

На сьогоднішній день, людино-машинний інтерфейс являє собою велику кількість різноманітних інженерно-програмних, які створення для встановлення і підтримки взаємодії оператора з транспортом або машиною. Інколи, до HMI, окрім самого інтерфейсу, відносять і деякі пункти ергономіки, як то оптимізація робочого місця і обладнання. Але, у загальному вигляді, HMI все ж представляє собою комфортний і ефективний інструмент комунікації системи і користувача.

Людино-машинний інтерфейс умовно можна розділити на 3 підгрупи [14]:

- текстовий (текстово-орієнтований);
- змішаний (псевдографічний);
- графічний.

Інтерфейс командного рядка DOS або Shell є текстовим. Користувач взаємодіє з системою за допомогою текстового пристрою вводу (клавіатури) і спеціальних кодових команд для ініціювання виконання будь-якого процесу. Система дає інформацію у текстовому вигляді на дії і команди користувача. Місце вводу команд позначається вертикальною рисою або невеликим прямокутником. За допомогою текстового інтерфейсу можна взаємодіяти напряму лише з однією програмою за команду, але, інколи, можуть працювати дві і більше програм.

Управління програмами доступне лише за допомогою командного рядка, отримати інформацію про результат виконання команди можна тільки по закінченню виконання поточного викликаного процесу.

Для результативного використання інтерфейсу такого типу користувачеві необхідно знати синтаксис команд та різноманітні «ключі доступу» - це головний мінус такого типу людино-машинних інтерфейсів. Ще з мінусів можна виділити несумісність з деяким ПЗ (в основному – графічним), через залежність від текстового формату виведення і відображення даних.

Зараз, текстовий інтерфейс застосовується в операційних системах (командний рядок), чатах, адмініструванні серверів, деяких іграх.

Текстовий вид інтерфейсу ефективний у випадках, коли він використовується досвідченими операторами, при умові відсутності залежності в часі, і потрібен лише функціонал.

Графічний інтерфейс є максимально зручним для звичайного користувача або оператора. Вся взаємодія між людиною і системою відбувається у «вікнах», більшість дій користувач виконує сам за допомогою різних інструментів введення даних. Результат взаємодії, частіше за все, прогнозований, і зручний для сприйняття. Головний плюс такого типу інтерфейсів є те, що при мінімальних витратах часу і витрат на допоміжні інструменти для навчання операторів доступна можливість працювати з будь-яким додатком або програмним продуктом, який адаптований для вже знайомої системи [14].

Псевдографічний інтерфейс успадковує деякі частини взаємодії з користувачем від графічних (графічні кнопки, індикатори), які непритаманні текстовому типу. Такі додатки спрощують роботу користувачам, оскільки не має потреби запам'ятовувати ба записувати всі команди і «ключі», а системні інформаційні повідомлення мають більш зручний та простий, для людини, вигляд.

Проте, загалом, інтерфейс залишається текстово-орієнтованим, тому виникають проблеми з відображенням різних типів даних та виконанням багатьох послідовних або одномоментних дій.

В цілому, псевдографічний людино-машинний інтерфейс залишається посередині між текстовим і графічним інтерфейсом. Він використовує переваги текстового інтерфейсу, нівелює деяку частину мінусів (є спрощене керування системою, надає уявлення користувачу файлової системи), але зберігає усі інші недоліки, що не дає остаточно потіснити інші види інтерфейсів.

1.3 Аналіз задач управління транспортом і рухомою технікою у сільському господарстві

Розвиток і модернізація усіх видів транспорту і різноманітної рухомої спецтехніки збільшує потенціал і ефективність усього сільськогосподарського підприємства, але стає причиною зростання вимог до кваліфікації та навичок операторів. Лише спеціаліст з достатнім практичним досвідом, робочою кваліфікацією і значними загальними теоретичними знаннями зможе повноцінно і ефективно використовувати новітній функціонал сільськогосподарської техніки для виконання визначених підприємством задач.

У такому випадку, якість роботи навіть досвідченого оператора, в більшості, залежить від людино-машинного інтерфейсу. У загальному вигляді це працює так: система передає інформації оператору (який приймає основні рішення), потім оператором формуються керуючі рішення для системи, після чого система проводить їх обробку, і цикл повторюється.

Одним із варіантів надання робочих даних оператору є створення графічної інтерпретації технічної інформації виконаного або поточного процесу у вигляді, що є легким для розуміння і детальним для обробки такої інформації. Це прийнято називати методом візуалізації інформації [15].

Для візуалізації в транспорті сільськогосподарської сфери використовуються різні приладові транспортні панелі, які представляють собою модульне поєднання набору окремих приладів, і відображають поточні значення параметрів робочої системи в реальному часі.

Подібні прилади, які візуалізують такі поточні значення параметрів робочої системи, являються окремими готовими модульними фізичними пристроями, що жорстко зафіксовані на приладовій транспортній панелі.

Зі збільшенням кількості технічних параметрів, що є важливими для оператора та стабільної роботи транспорту або спецтехніки, зростає потреба в

додаванні значної кількості графічних елементів для відображення даних і керування системою.

Але, зменшення розміру кожного такого окремого елемента негативно впливає на швидкість доступності для обробки інформації з елемента оператором, а загальний фізичний розмір приладової панелі лише збільшується, як і потреба в нових приладах-компонентах. Значна кількість різноманітних параметрів і елементів індикації створює проблеми і затримки при виділенні та групуванні інформації, що є необхідною для оператора у кожний конкретний момент часу. Це сильно зменшує ефективність роботи всієї робочої ланки, яка пов'язана з такою системою [13].

Також, потрібно тримати на увазі, що кожний прилад проектується під конкретну задачу або транспорт, і його заміна, чи модифікація, може бути недоцільною через фінансові або технічні причини.

Тому, регулярне використання вже освоєних приладів для інших моделей транспорту або сільськогосподарської техніки, часто, потребує серйозної зміни дизайну і розташування окремих приладів, інколи, повної заміни проектною компоновки панелі. Лише виконавши такі дії, наступна нова або модернізована версія приладової панелі може бути відправлена для виробництва в потрібній промисловості кількості.

Основними завданнями систем управління транспортом і рухомою технікою у сільському господарстві є:

- підготовка і прокладання маршрутів;
- облік витрачених, отриманих, доступних ресурсів і виконаних транспортних або інших робіт;
- інтеграція кількох різних підконтрольних системі об'єктів у ланцюги зі спільною ціллю на робочій території та інформаційна підтримка водіїв;
- підвищення ефективності і швидкості взаємодії в середині об'єднаної автоматизованої системи управління та зв'язку.

Основними задачами, на які мають безпосередній вплив оператори та водії, залишаються побудова маршруту для транспорту, та облік ресурсів.

Пошук і побудова короткого та безпечного маршруту між оперативним точками враховує важливі для переміщення характеристики, які збережені в мережевій структурі (типи доріг, можлива та максимальна швидкість руху, кількість доступних ділянок, положення інших транспортних засобів чи сільськогосподарської техніки). В цілому, оптимальний маршрут обирається або за найменшою довжиною шляху до цілі, або за мінімальним часом до фінальної точки маршруту.

У свою чергу, облік ресурсів і виконаних різних робіт включає в себе:

- систему автоматизованого обліку виконання сільськогосподарських задач;
- систему автоматизованого управління і облік перевезень та показників врожайності;
- систему слідкування за справністю і контролю за функціонуванням транспорту та спецтехніки;
- систему моніторингу під'єднаних у систему заправок та використання всіх видів палива;

1.4 Особливості завдання графічного відображення інформації користувачам та операторам при виконанні сільськогосподарських задач

Усі основні характеристики виконання сільськогосподарських задач складаються з результатів прямих вимірів і обробки зібраних даних.

Текстовий тип даних дає можливість визначити ключові параметри проведеної роботи, тип та специфіку доступної техніки і робіт.

Графічний тип даних дає можливість користувачу (оператору) візуально оцінити кількість і параметри змін в роботі техніки на протязі певного часу [3].

Обробка і аналіз отриманих даних, які отримуються за допомогою спеціалізованих прикладних програмних комплексів, дозволяє визначити темпи виконання задач, розрахувати площу обробленої землі на полях, визначити її

характеристики, і порівняти отримані результати з наявними картографічними даними [16].

Відстежуючи маршрути руху транспорту і сільськогосподарської техніки, можна провести аналіз часу їх роботи за видами операцій (стандартне переміщення до цілі, повороти та зміни напрямку, переміщення між робочими ділянками і полями, загальна траєкторія, заправка тощо), і визначити зміни умов праці на робочих ділянках (відстані переміщення, проміжні відстані між полями та їх поточні розміри тощо).

Отримані дані впливають на визначення незапланованих простоїв техніки, і дозволяють визначити рівень продуктивності за чистий і змінний час періодів виконання задач транспортом за період отримання інформації [16].

Також, отримані дані використовують на агропідприємствах для збору офіціальних облікових даних та оцінки якості виконання поставлених задач для фінансових звітів.

Приклад графічної інформації представлений на рисунку 1.1.

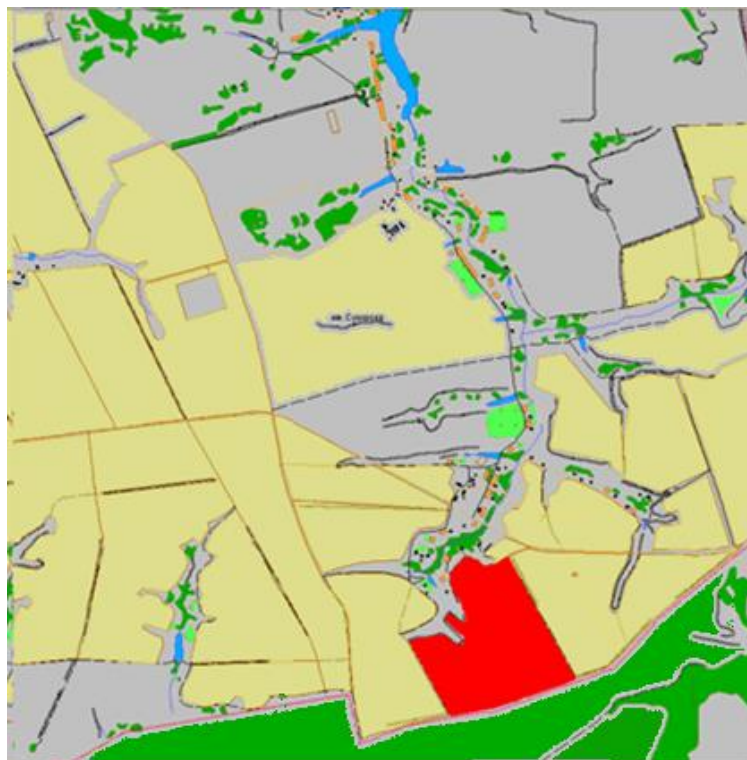


Рисунок 1.1 – Приклад подання графічної інформації

Приклад графічної інформації разом з сільськогосподарською технікою представлений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Приклад подання графічної інформації разом з сільськогосподарською технікою

Збір інформації здійснюється в автоматизованому режимі. Засоби моніторингу підтримують прийом, збір вимірів з датчиків і відправку вимірів на сервер бази даних.

Всі потрібні дані збираються системою автоматично. Апаратні та системні пристрої моніторингу можуть отримувати вхідні дані (сигнали), збирати інформацію вимірів з встановлених датчиків та пересилати пакети даних на сервери баз даних за вказаними параметрами.

Для передачі використовується модем і карта. Передача здійснюється по мережі Інтернет.

Також, система зазвичай спроектована виконувати імпорт даних з зовнішніх носіїв даних або ручне їх введення.

Передача даних проходить за допомогою мережі Інтернет, для цього у системи є доступи до модему і мережевої карти. Окрім автоматичного збору інформації, система підтримує імпорт даних з зовнішніх носіїв і ручне введення даних операторами із журналів обліку та реєстрації.

1.5 Аналіз прототипів та аналогів, дослідження їх характеристик, виявлення недоліків та обмежуючих факторів

Тепер розглянемо вже існуючі системні прототипи і аналоги.

Система Omnicomm O, наразі, є популярним варіантом для організації роботи транспорту і техніки на підприємстві та оптимізації можливих побічних витрат.

Робота з системою Omnicomm здійснюється через веб-інтерфейс, тому, робоча станція потребує тільки наявності доступу у оператора до браузера. Система налаштована автоматично формувати повідомлення оператору і водіям про нестандартні події та порушення (перевищення дозволеної швидкості, поломки зовнішніх датчиків, регулювання відповідних робочих ділянок тощо).

На додаток, система дозволяє контролювати роботу водіїв, включаючи інформування і допомогу під час виконання промислових задач. Також, автоматично генеруються звіти роботи кожного окремого водія для аналізу ефективності роботи незалежно від транспорту чи техніки, якими він керував.

Система надає прямий повноцінний доступ старшим операторам до зв'язку з консультантами розробника, але значним мінусом є ігнорування повноцінного GPS, та орієнтація на його аналоги.

Також значним мінусом є вартість і першочергова спрямованість – повний функціонал системи може бути впроваджений тільки великими компаніям та агрохолдингами, система створювалася не в напрямку сільськогосподарської сфери.

Приклад графічного інтерфейсу системи Omnicomm O представлений на рисунку 1.3.

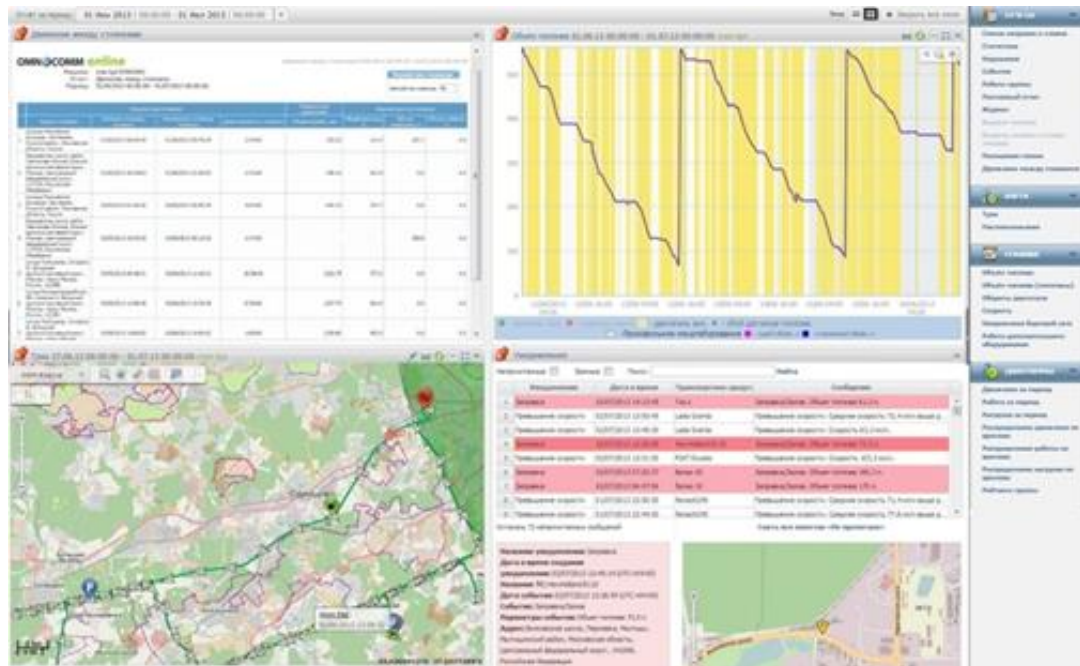


Рисунок 1.3 – Графічний інтерфейс Omnicomm O

Інший приклад - Wialon local від компанії Gurtam, серверне програмне забезпечення якого спрямоване на GPS моніторинг (та інші моніторингові аналоги), управління транспортними засобами компанії або фермерського господарства і зменшення надмірних витрат.

Wialon – це універсальне B2B рішення (розроблено компанією для продажу іншим компаніям), яке доступне по всьому світу. ПЗ встановлюється на сервери компанії, після чого може надавати послуги моніторингу наземного транспорту і техніки, регулювання витрат палива тощо.

Офіційний сайт компанії Gurtam, розробника Wialon Local, приводить цифру в 1 000 000 підключених клієнтських об'єктів [14].

Система моніторингу транспорту Wialon Local крос-платформна, не надто вимоглива до комплектуючих комп'ютера і може працювати на Linux - серверах. Wialon Local побудована за принципом клієнт-серверної архітектури, для її роботи

не потрібно клієнтське ПЗ, так що користувачі можуть контролювати свій транспорт з будь-якого комп'ютера, планшета або мобільного телефона [10].

Wialon Local є крос-платформною системою, не ставить великих вимог до технічного обладнання і навичок оператора, може працювати на серверах з Linux OS.

Значним плюсом є те, що система реалізована за принципом клієнт-серверної архітектури, що не потребує з боку клієнта спеціального програмного забезпечення. Таким чином, що користувачі або оператори можуть контролювати транспорт і техніку з різних пристроїв (комп'ютерів, ноутбуків, смартфонів тощо).

Також, у системі була розроблена, в значній мірі, для контролю міського трафіку і сільськогосподарської сфери.

Окремий активний сервер з системою Wialon Local має можливість контролювати до п'яти тисяч одиниць транспорту і техніки, незалежно від їх місцезнаходження на планеті.

Приклад графічного інтерфейсу системи Wialon local представлений на рисунку 1.4.

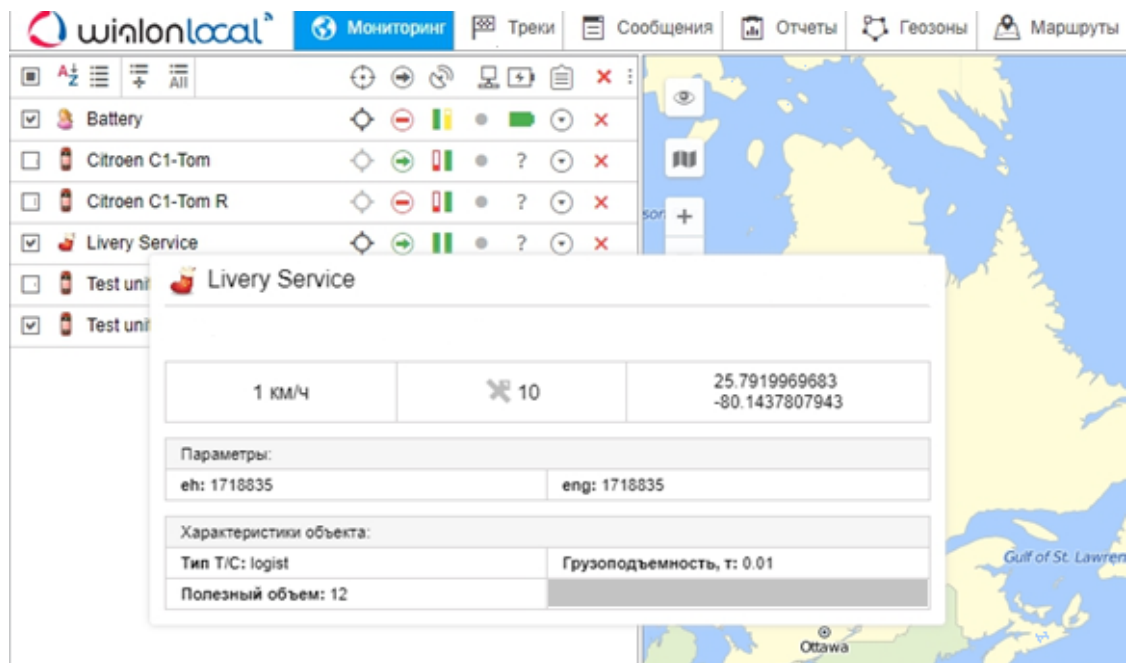


Рисунок 1.4 - Графічний інтерфейс Wialon local

Система АСК Навігація є частиною збірника систем програмного забезпечення АСК Платформа. Вона спроектована для підтримки диспетчерських логістичних центрів, забезпечення їх функцією моніторингу і аналізу роботи транспорту і техніки, які оснащені навігаційною системою.

Ця система була створена на основі потреб клієнтів, та вдосконалювалася на основі відгуків фермерів, сервісів автобаз і підприємств гірничо-добувної галузі (які і були основним напрямком розробки системи).

У системі є можливість швидко вносити зміни та модернізувати ПЗ під фактичні поточні потреби окремого підприємства.

АСК Навігація має можливість цілодобово відстежувати локації і позиціонування транспорту та промислової техніки, контролювати дані показників підключених датчиків і виконувати обробку та аналіз цих даних. Для моніторингу за діяльністю відстежуваних об'єктів у режимі реального часу використовується система оперативного моніторингу. Системне ПЗ доступне замовникам та операторам в повноцінному десктопному варіанті для Windows OS і спрощена веб-версія, яка працює на різних платформах.

Система має значний мінус в залежності від Windows OS, інші операційні системи, в тому числі і мобільні, не підтримуються. У веб-версії доступний менший функціонал, ніж в десктопній, але вона широкодоступна, тому актуальна.

Втім, спроектована модульність всього програмного забезпечення АСК-Платформа дає можливість ефективно використовувати можливості, які доступні десктопному варіанті системи, в інші системи компанії, тому функціонал веб-версії постійно оновлюється.

Значним плюсом цієї системи є доступна цінова політика для індивідуальних підприємців і промислових компаній. Але, потрібно розуміти, що сільськогосподарська сфера промисловості не є основним напрямком підтримки системи, вона розроблялася під потреби розподіленої промисловості і гірно-добувних підприємств, що надає меншу кількість корисних доступних функцій для агропромислових компаній.

Приклад графічного інтерфейсу системи АСК Навігація представлений на рисунку 1.5.

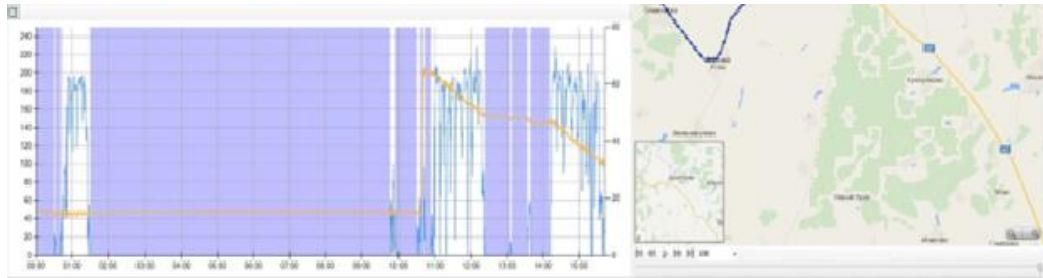


Рисунок 1.5 - Графічний інтерфейс АСК Навігація

Також коротко розглянемо окремі системи підтримки та інформування водіїв. Зараз існують два типи подібних систем: повністю автоматизована система, яка не потребує втручання оператора чи самого водія, та регульована система, яка корегує шлях, якщо водію потрібно слідкувати за можливими небезпечними перешкодами на маршруті та брати управління транспортом або технікою керування на себе при значних поворотах і на кінцях ділянки. Для поточного аналізу нам цікавий лише перший тип систем.

Одним з основних представників на ринку таких систем є продукція компанії John Deere, яка розробила сучасну систему автоматичного водіння для будь-якої сільськогосподарської техніки. Такою системою став універсальний комплект автопілоту AutoTrac 200 (і його модернізації), що встановлюється на всю техніку виробництва компанії John Deere, а також на трактори і комбайни інших виробників [14].

Проведені випробування [18] показали, що система проста у використанні і ефективна при роботі з широкозахватними агрегатами, особливо в складних погодних умовах.

Дослідження [18] демонструють, що така система є простою у польовому використанні та збільшує ефективність при застосуванні широкозахватній сільськогосподарській техніці, особливо в поганих для роботи і переміщення навколишніх і погодних умовах.

В останні роки на нашому ринку було представлено багато подібних пристроїв з відповідними системами:

- компанія Leica (mojoMINI (ефективний вибір із пристроїв низької цінової категорії), mojo3D);
- компанія Trimble (EZ-Guide 250, 750);
- компанія Class System (Outback S-lite, S3, Sts);
- компанія TeeJet (Matrix, Voyager);
- компанія Raven (Cruizer, Cruizer II)

Після проведення огляду і аналізу подібних пристроїв, можна відзначити, що ці технології забезпечують допомогу водіям в керуванні сільськогосподарською технікою в полі, і можуть проводити детальну оцінку ефективності виконаних операцій.

При використанні подібних систем і приладів збільшується врожайність та якість продукції, скорочуються побочні витрати, особливо, які пов'язані з сільськогосподарською технікою. Але, початок їх використання може бути ускладнено потребою в значних стартових фінансових інвестиціях.

Порівняльну характеристику деяких систем та пристроїв моніторингу і керування представимо у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика систем

№	Назва системи або пристрою	Точність управління технікою, см	Підвищення ефективності робіт при використанні, %
1	Ag GPS 252	30	13
2	Omnicom Online	20	13
3	E-Drive	10	10
4	Ag GPS EZ — Steer	20	10
5	Trimble Ag GPS Autopilot	30	12
6	Outback — S2	45	9
8	EZ-Guide Plus	30	12
9	Trimble EZ-Guide 500 (OnPath b HP XP)	20	10

Продовження таблиці 1.1

№	Назва системи або пристрою	Точність управління технікою, см	Підвищення ефективності робіт при використанні, %
10	Ag GPSFmX	5	15
11	АСК Навігація	20	7
12	AutoFarm ATC	20	9
13	AutoFarm A5 DGPS +	10	15
16	Teejet Centerline 220	35	8
17	Parallel Tracking+	30	15
18	Topcon	25	10
20	Wialon Local	30	10
21	Auto Track Universal	20	10

1.6 Постановка задачі

Основним завданням цієї роботи є зменшення обсягу графічної інформації, передача якої, в польових умовах, ускладнена, і має деякі особливі риси:

- навігаційні і корегувальні дані передаються одночасно з усіма іншими видами даних тим же самим шляхом, що потребує мінімізації обсягу навігаційної інформації, яка не має вплинути на ефективність і своєчасність доставки інших даних;

- стає важливим рішення щодо правильного режиму передачі навігаційних даних. Режими передачі даних бувають безперервними, за запитом системи або оператора і надзвичайні при нестандартних та небезпечних ситуаціях. Саме тому важливо обрати коректний режим, інтервал передачі і загальний обсяг можливої передачі;

- передача навігаційних і корегувальних даних повинна здійснюватися на ходу при будь-якій швидкості і режимі роботи.

Згідно з цих потреб, виходить на перший план невелика пропускна здатність і можливість мобільних мереж, особливо в умовах сільськогосподарської місцевості.

Припустимо, що зображення нашої системи буде формату 800x480 з палітрою в 65536 доступних кольорів.

Тоді, загальний обсяг графічної інформації отримаємо згідно формули:

$$N = 2^i = 65536, i = 16, K = 800 \cdot 480$$

$$V = Ki = \frac{800 \cdot 480 \cdot 16}{8 \cdot 1024} = 750 \text{ Кбайт} \quad (1.1)$$

де N - кількість кольорів в палітрі;

i - глибина кольору в бітах на один піксель;

K – кількість точок в зображенні.

Припустимо, що інформація буде оновлюватися з частотою в одну секунду, що, однак, не є максимальним результатом.

Таким чином, швидкість передачі даних при заданих умовах буде 750 Кбіт/с.

В реальних поточних умовах сільського господарства, і розвитку мобільних мереж в нашій країні, така швидкість не може стабільно підтримуватися, проблемою є зменшення загального обсягу інформації. Це створює проблему потреби зменшення об'єму даних, які буде передавати система.

В рамках роботи необхідно провести дослідження прототипу системи, яка може реалізовувати функції відображення карт та навігаційних даних і інших графічних даних при обмеженій кількості доступної пам'яті між компонентами системи управління господарством, і вірогідності недостатньої якості, чи повної відсутності зв'язку в умовах польових робіт сільського господарства.

Також, потрібно враховувати обмежені можливості пристроїв візуалізації графічних даних, і забезпечити їх функціональність в польових умовах, не відправив пристрій у категорію невігідних з фінансової точки зору.

Основним можливим напрямком вирішення проблеми обсягу даних є збільшення пропускної здатності каналів мережі і зменшення обсягів інформації.

Але, аналіз ринкових джерел інформації [13] демонструє, що збільшення пропускної здатності каналів викликає надмірний ріст вартості обладнання, і не є гарантією стабільної передачі великих об'ємів даних.

Саме тому, дослідження і використання методів компактного представлення і зберігання графічної інформації (яка складає майже 70% корисної інформації для водія або оператора) є обґрунтованим варіантом вирішення цієї проблеми. А, також, актуальною науково - технічною задачею.

1.7 Висновки до розділу 1

Геоінформаційні системи стають значимою частиною сучасного сільського господарства. Вони забезпечують швидку інтеграцію нових систем та доступ до навігаційної і агропромислової інформації з будь-якої точки світу. Це сприяє розповсюдженню та доступності інформації для фахівців галузі, створює важливі дані для оптимального використання сільськогосподарського інструментарію та техніки.

Комп'ютери та програмне забезпечення забезпечують надходження і обробку важливих даних, але не можуть повністю замінити традиційні інструменти сільського господарства. Однак вони відіграють ключову роль у підтримці та підвищенні ефективності роботи всієї галузі, маючи можливість збирати і аналізувати інформацію і допомагати в управлінні.

При цьому, велика увага приділяється впровадженню в сферу людино-машинному інтерфейсу. Різні типи НМІ розглядаються з урахуванням їх переваг та обмежень.

Використання графічного типу даних в сільському господарстві дозволяє операторам візуально оцінити та скорегувати роботу сільськогосподарської

техніки, та спрощує прийняття важливих оперативних рішень. Такий підхід до відображення інформації підвищує ефективність виконання задач і забезпечує надходження важливих даних для створення облікових звітів і оцінки якості роботи.

Розвиток систем підтримки та інформування водіїв, такі як AutoTrac 200 від John Deere, демонструють тенденцію до автоматизації керування сільськогосподарської техніки, підвищуючи ефективність та зменшуючи витрати.

Проте, важливо враховувати індивідуальні потреби та можливості підприємства при інтеграції геоінформаційних систем і систем допомоги водіям, особливо враховуючи значні фінансові витрати на початковому етапі впровадження багатьох таких систем.

Таким чином, розвиток та модернізація техніки в сільському господарстві відкривають нові можливості для всієї сфери промисловості, але вимагають розумного вибору та аналізу технологій для досягнення максимальної продуктивності і ефективності.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ І МЕТОДІВ МІНІМІЗАЦІЇ ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДАНИХ ГРАФІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Аналіз методів організації та мінімізації графічних інтерфейсів у задачах навігації і керування

Проведене дослідження у минулому розділі широко продемонструвало важливість організації взаємодії користувачів і операторів з прикладними пристроями і сучасним програмним забезпеченням в умовах широкого розповсюдження специфічних комп'ютерних технологій в сільському господарстві. Особливо, у сфері транспорту і агротехніки, яка постійно модернізується і оновлюється.

У контексті поточного аналізу, інтерфейс можна визначити, як набір інструментів та правил, які підтримують взаємодію між пристроями і програмами з користувачем (оператором).

Графічний інтерфейс (GUI) - це графічні частини і модулі програмного забезпечення або системи, що впливають на взаємодію оператора з програмним забезпеченням за допомогою візуалізації інформації [19].

До задач і функцій, що знаходяться в основі GUI, відносяться [20]:

- графічний режим роботи системи;
- візуалізація деяких об'єктів за допомогою піктограм;
- використання вказівного пристрою для взаємодії системи і користувача;
- адекватність та зрозумілість відтворюємих візуалізованих даних для будь-якого користувача;
- стандартизація усіх основних подій і елементів. (все програмне забезпечення функціонує за спільними принципами, візуальний вигляд різних частин має співпадати з розумінням користувача);
- підтримка основного набору стандартних елементів взаємодії (наприклад, кнопок, полів, таблиць і списків, перемикачів), що робить можливим адаптацію нового програмного забезпечення зі схожими задачами під загальноприйнятий вигляд для зручності взаємодії з користувачем.

Графічний інтерфейс містить декілька основних функціональних компонентів:

- модулі взаємодії програмного забезпечення (системи) з користувачем (оператором);
- модулі зворотної взаємодії користувача з системою;
- модулі аналізу і інтерпретації запитів користувача.

Однією з ключових функцій GUI є створення у будь-якого користувача однакової реакції на однотипні свої дії, і дії програмного забезпечення.

Така стандартизована узгодженість повинна бути реалізована на трьох робочих рівнях [21]:

- фізичний рівень (стосується внутрішніх процесів системи або приладу);

- синтаксичний рівень (стосується послідовності візуалізації окремих елементів, даних, обробки запитів користувача і системи);
- семантичний рівень: (стосується регулювання і значення елементів, які утворюють графічну частину інтерфейсу).

Фактично, графічний модуль пристроїв, чи операційна система, за допомогою візуалізації утворюють простий для розуміння і зручний для роботи інтерфейс для користувача. Завдяки цьому, усі операції за запитом користувача (оператора), виконуються при повному розумінні користувачем задачі, яку має виконати система чи пристрій.

2.2 Аналіз та оцінка характеристик і різновидів використовуваного апаратного забезпечення

Апаратна структурна схема потрібної системи має складатися з таких модулів:

- базова плата контролера (відповідає за обробку основної інформації);
- плати розширення для приймачів GPS/GSM (відповідають за комунікаційні та навігаційні задачі системи);
- накопичувач (відповідає за збереження даних у випадку відключення від мережі або відсутності зв'язку з керуючим сервером);
- модуль відображення (відповідає за утворення графічного інтерфейсу).

Структурна схема такої системи продемонстрована на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

Для першої ітерації дослідження системи, основним компонентом було обрано базову плату сімейства Arduino, а саме, модель Arduino Uno.

Arduino є досить універсальним інструментом для реалізації електронних пристроїв з різними призначеннями. Важливим фактором є те, що Arduino це платформа з відкритим кодом (що надасть широкі можливості для програмної модернізації), та сама друкована плата є досить простою, але має функціонал для створення самостійної програмного забезпечення у реальному часі.

Розглянемо детально вибрану плату.

Стандартний контролер побудований на основі кристала ATmega328. На платі доступно 14 цифрових вхід / виходів (6 з них можуть використовуватися як виходи ШИМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження. Для функціонування потрібно під'єднати пристрій до обчислювальної системи (комп'ютера), використовуючи USB роз'єм, або направити живлення на пристрій за допомогою стандартного адаптера AC/DC, чи переносної батареї [22].

В Arduino Uno встановлений мікроконтролер ATmega8U2 для зв'язку з USB, минулі версії плат мали мікроконтролер FTDI USB, який займав більшу місця і мав дещо нижчу пропускну здатність в базовій комплектації.

Така платформа має значну кількість цифрових входів та виходів, має невелику споживчу потужність, достатні технічні характеристики та задовільну вартість, на відміну від наступної моделі Arduino Nano.

Всі технічні характеристики плати Arduino Uno [22] наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики Arduino Uno

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (критична)	6-20 В
Цифрові Входи\Виводи	14
Аналогові входи	6
Постійний струм через Вхід\Вихід	40 мА
Постійний струм для виводу 3.3 В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактова частота	16 Гц

Плата Arduino Uno була вибрана для дослідження тестової системи завдяки достатній кількості цифрових входів та виходів, низьке споживання енергії, задовільних, для задач сільського господарства, технічних можливостях і доступній ціні. На цій основі можна зробити проектування випробувальної системи для пошуку можливих проблем і дослідження ефективності простих комплектуючих.

В якості тестового модуля передачі даних було обрано GPRS/GSM+GPS шилд два-в-одному від Elecrow на модулі SIM808 (виробництво компанії SIMCOM).

Головні параметри GPRS/GSM+GPS шилда [23]:

- повна підтримка стандартного інтерфейсу Arduino, сумісний з Arduino Uno, Leonardo та іншими стандартними моделями;
- має вбудований USB-UART конвертер CP2102 для UART налаштування;
- має вбудований перетворювач рівня напруги, який підтримує 3.3V і 5V в робочій системі;
- наявний слот для SIM-карти, та підтримує SIM-карти 1.8V / 3V;
- має можливість автоматично визначати швидкість передачі даних (1200bps ~ 115200bps);
- управляється за допомогою AT-команд;
- звичайна робоча напруга: від 6V до 12V, робоча температура: від -40 ° C до +85 ° C.

Зовнішній вигляд GPRS/GSM+GPS шилда представлений на рисунку 2.2.

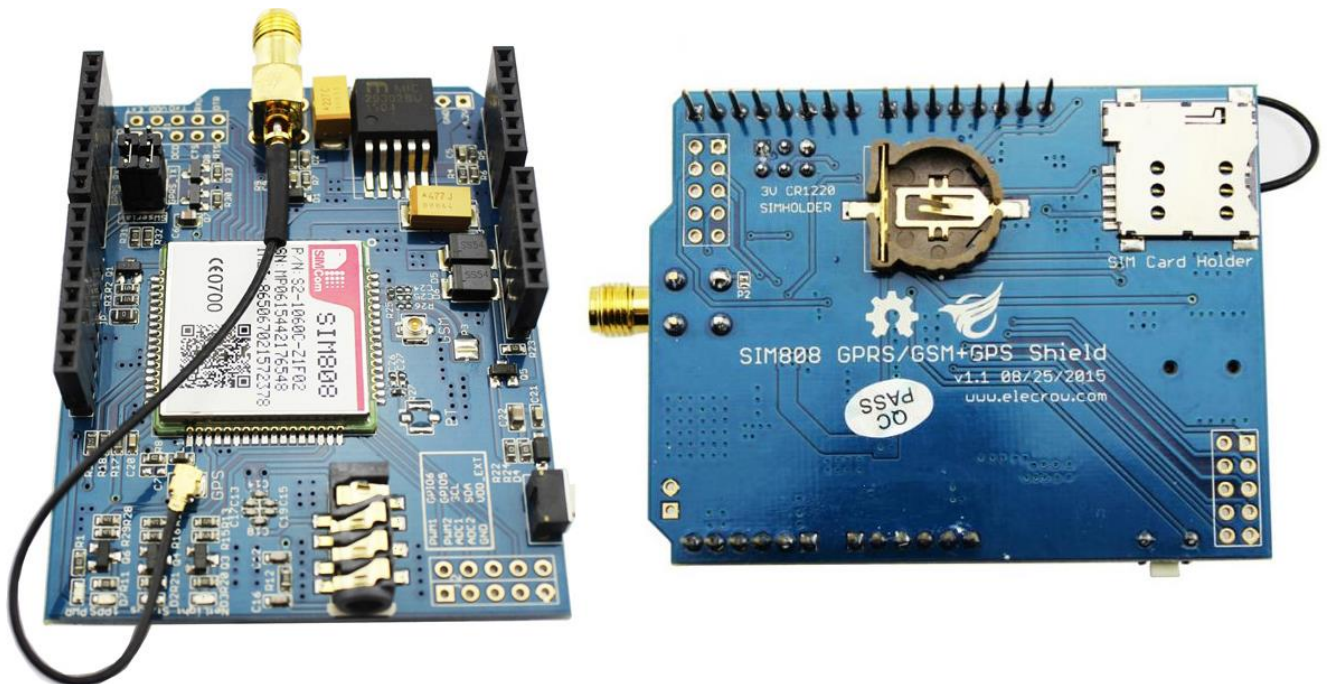


Рисунок 2.2 - GPRS/GSM+GPS шилд

Після аналізу представлених характеристик, було прийнято рішення, що цей шилд відповідає потребам поставленої поточної задачі. Він може здійснювати комунікаційні (формування і відправка повідомлень, здійснення дзвінків, передача

даних на сервер) і навігаційні функції системи, стійкий до значних перепад температури (в обидві сторони) і вібрацій (на платі немає жодного рухомого елемента, який може бути пошкоджений) та окремо виведену антену для забезпечення стабільного сигналу.

Для взаємодії користувача з системою використаємо дисплей Nextion, що є окремою системою зі своїм мікропроцесором. Цим ми обійдемо додаткове навантаження на основну плату Arduino при вирішенні проблем і задач візуалізації і обробки інформації.

Цей шилд спроектовано спеціально для використання з платами Arduino, тому повторює форму виходів, дублюючи їх за допомогою накладання шилда на основну плату, займаючи тільки 7 і 8 цифрові входи плати Arduino Uno.

Схема підключення GPRS/GSM+GPS шилда до плати Arduino Uno представлена на рисунку 2.3.

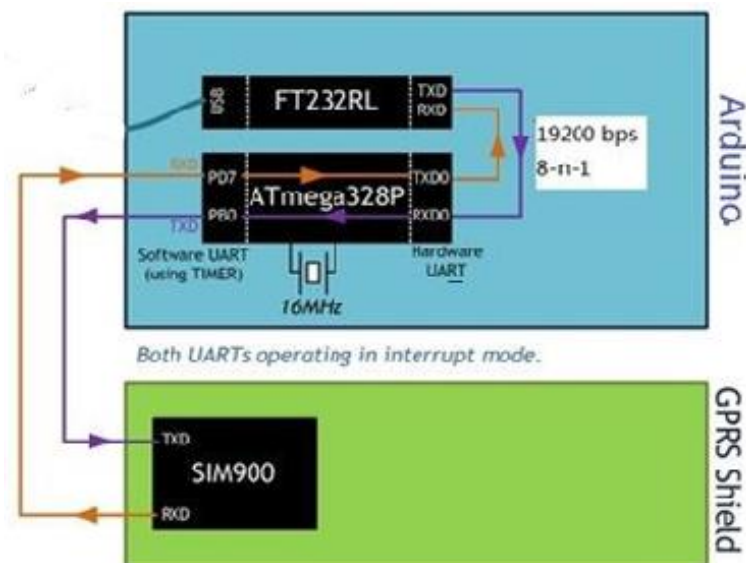


Рисунок 2.3 - Схема підключення GPRS/GSM+GPS шилда до плати Arduino Uno

Для організації і повноцінного функціонування взаємодії користувача (оператора) з системою, в рамках тестування, вирішено обрати дисплей з сім'ї Nextion. Графічні пристрої Nextion являються окремою системою, мають власний

мікропроцесор, тому дисплей не буде додатково навантажувати основну плату Arduino Uno завданнями графічної візуалізації даних та обробки запитів оператора.

Крім того, Nextion пропонує для використання зручне середовище розробки Nextion Editor для самостійного створення інтерфейсів за допомогою внутрішнього інструментарію, а, також, має UART порт для зв'язку з налаштованою робочою мікроконтролерною системою [24].

Загалом, система Nextion складається з апаратної частини - набору TFT-плат, і програмної частини - Nextion Editor і вбудованих параметрів. Модуль Nextion TFT використовує лише один послідовний порт для взаємодії.

Дисплей Nextion 5.0 представляє собою рідкокристалічний пристрій, основу якого складає робочий модуль із вбудованою 4-провідною резистивною сенсорною панеллю 800x480 NX8048T050. Це потужний HMI-інструмент, що входить у сімейство графічних дисплеїв Nextion [24].

Основні характеристики Nextion 5.0 [25]:

- повна роздільна здатність 800x480;
- 65 тис. доступних для відображення кольорів;
- TTL інтерфейс передачі даних;
- 16 Мб вбудованої пам'яті ROM;
- 2 Кб оперативної пам'яті RAM;
- підтримка SD-карт до 8 Гб;
- живлення: 5В, 500 мА;
- споживча потужність 5В, 410 мА;
- фактичний розмір дисплею 134 x 84 мм.

Зовнішній вигляд рідкокристалічного дисплею Nextion 5.0 зображений на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд рідкокристалічного дисплею Nextion 5.0

При потребі підключення дисплей до комп'ютерних пристроїв, для налаштування прошивки чи скетчу, можна використовувати UART-USB адаптер або альтернативний, швидший метод, через використання microSD-карти.

Підключення дисплею Nextion 5.0 можна виконати через інструментарій UATR (RX, TX) інтерфейсу до виходів 0 та 1 на платі Arduino Uno.

Схема підключення рідкокристалічного дисплея Nextion 5.0 до плати Arduino Uno зображена на рисунку 2.5.

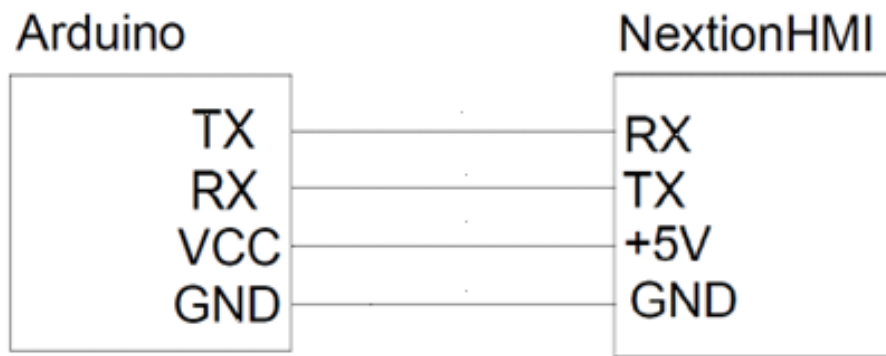


Рисунок 2.5 - Схема підключення рідкокристалічного дисплея Nextion 5.0

Для поточної досліджуваної системи спробуємо використати простий накопичувач даних, а саме, microSD - карту на 8 Гб.

Щоб підключити такий накопичувач, треба підключити до системи не новий, але все ще актуальний, спеціальний SD card шилд для Arduino V3.0, зовнішній вигляд якого зображений на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - SD - card шилд для Arduino

Шилд підтримує SD-карти і TF, але, в один конкретний момент може використовувати тільки один із варіантів.

Система підключення сигнальних ліній та заземлення SD - card шилда до Arduino Uno наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Підключення сигнальних ліній та заземлення SD - card шилда до Arduino Uno

Arduino	Шилд
5B	VCC 3.3B
GND	GND
D13	SD_CLK
D12	SD_OUT
D11	SD_IN
D10	SD_CS

Найефективніше буде підключити SD-карту до hardware SPI пінів, оскільки застосування цього протоколу має на увазі відправку об'ємного обсягу даних. На платах Arduino Uno це можна здійснити за допомогою цифрових пінів 13 (SCK), 12 (MISO) і 11 (MOSI). Також буде потрібен четвертий пін для ланцюга chip / slave select (SS). Зазвичай, для цього підходить 10 пін.

На рисунку 2.7 зображено повну функціональну схему взаємодії компонентів у поточній системі.

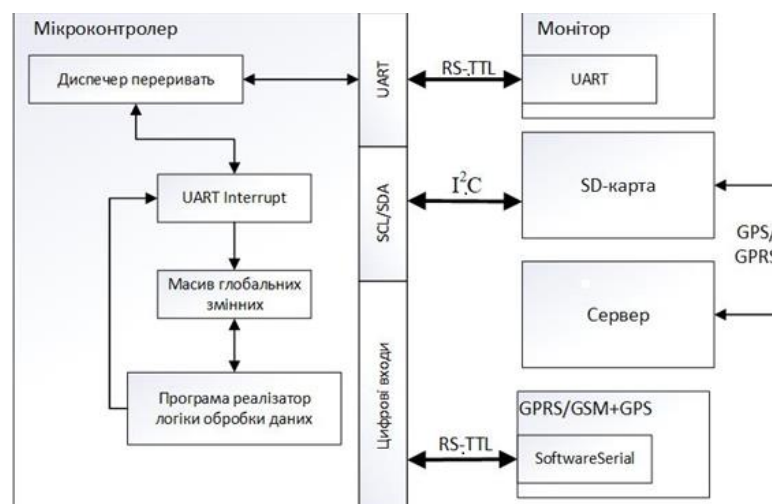


Рисунок 2.7 - Повна функціональна схема взаємодії компонентів у системі

Для надійної роботи такої системи важливий доступ до стабільного джерела живлення плати Arduino і GPRS\GSM+GPS шилда з напругою від 7В до 12В та потужністю не менше 4Вт. Дисплей, що потребує близько 5В та 500мА, можна живити, наприклад, стандартним зарядним пристроєм для смартфонів. Оскільки

система має функціонувати безпосередньо з сільськогосподарською технікою і транспортом, треба розглянути використання в системі стабілізатора напруги або, можливо, інвертора напруги для її зміни з 36В на 12В.

Тестове проектування цієї системи можна вважати вдалим, але було виявлено декілька значних мінусів і невідповідності заданим проектним умовам. Ними стали великий об'єм передачі графічної інформації, і прогнозована нестабільність безперебійного застосування даної системи в польових умовах.

Згідно проектних вимог, було прийнято рішення зменшити обсяг графічної даних для визначення тільки напрямку руху транспорту і підвищити надійність системи.

2.3 Пошук та дослідження методів зменшення обсягу графічних даних в транспортних бортових навігаційних системах для сільського господарства

Розглянемо та проаналізуємо можливі варіанти модернізації системи з урахуванням виявлених мінусів.

Вирішено, що, для зменшення обсягу графічних даних, безпосередньо, на дисплей буде виводитися тільки інформація про напрямок і швидкість руху. Має залишитись доступним вибір режиму обробки поля:

- базовий режим обробки;
- режим адаптивної кривої;
- режим однакової кривої;
- режим передчасної обробки поля.

Проаналізуємо і порівняємо характеристики базових плат Arduino Uno, BeagleBone і Raspberry Pi 4.

Всі моделі доступні для поточного використання, мають компактний форм-фактор і придатні для реалізації різноманітних цифрових пристроїв, в тому числі, для задач, які сформовані в даній роботі.

На даний момент, плати моделей Arduino доступні у різних конфігураціях, з різними наборами наявних периферійних пристроїв. Більшість з них використовують 8-розрядний мікроконтролер від Atmel.

Для повторного аналізу було знову обрано Arduino Uno. Головними плюсами для неї залишаються просте середовище розробки Arduino, велика база доступної інформації для створення власного програмного забезпечення і низька ціна [22].

Зовнішній вигляд плати Arduino Uno зображений на рисунку 2.8.

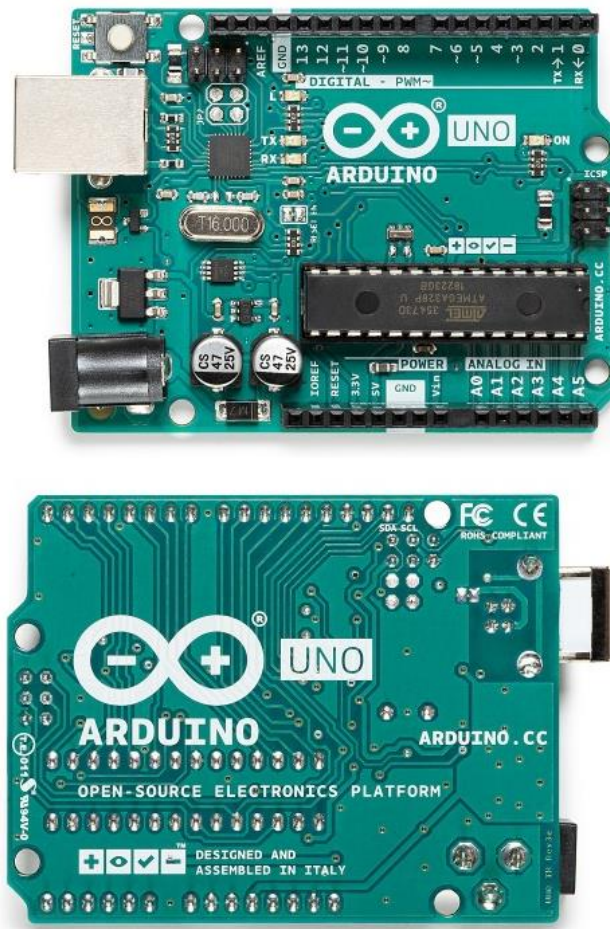


Рисунок 2.8 - Зовнішній вигляд плати Arduino Uno

Плата Raspberry Pi 4, що зображена на рисунку 2.6, - це фактично одноплатний комп'ютер, що займає на ринку нішу дешевого варіанта (35 \$) для розробників вбудованих систем [26].

Створена для ринку вбудованих систем, плата Raspberry Pi 4 фактично являється невеликим одноплатним комп'ютером. Хоча вона виглядає скромно та

доступна по низькій ціні (близько 35 \$), це справжній багатофункціональний комп'ютер, який може бути основою для великої кількості різноманітних пристроїв і систем.

Зовнішній вигляд плати Raspberry Pi 4 зображений на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд плати Raspberry Pi 4

BeagleBone являється найменш відомим і розповсюдженим з представлених плат, але має схожі характеристики з платами Arduino Uno і Raspberry Pi 4, в деяких параметрах переважаючи їх. Він, фактично, представляє собою, орієнтований на Linux OS, комп'ютер маленького розміру, який здатен працювати з Android OS [27]. Зовнішній вигляд плати BeagleBone зображений на рисунку 2.10.

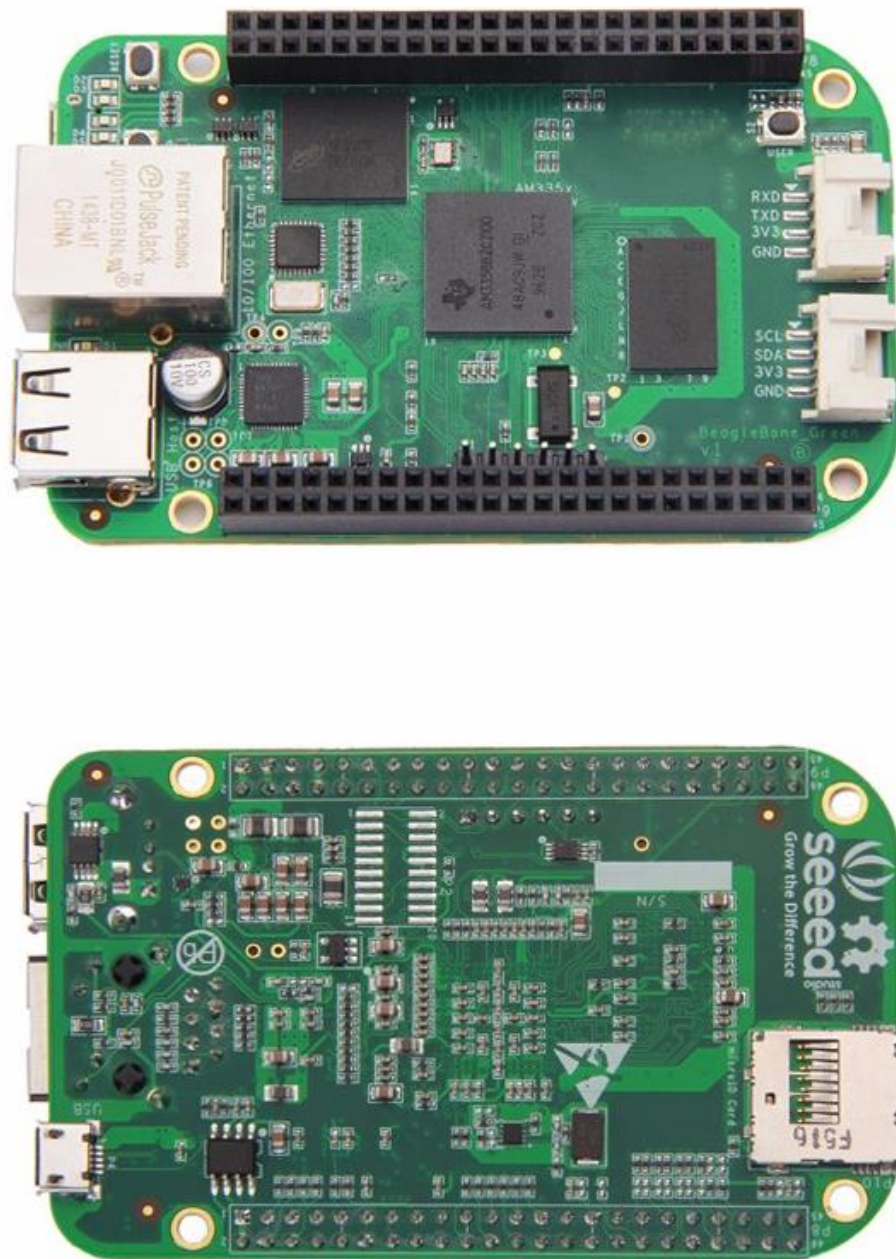


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд плати BeagleBone

Усі розглянуті плати мають необхідний функціонал і додаткову периферію, що робить їх корисними для дослідників і проєктувальників мікроконтролерних систем.

Виконаємо порівняння можливостей і характеристик описаних наразі систем допомогою таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Характеристики плат Arduino Uno, BeagleBone і RaspberryPi

Платформа	Arduino Uno	Raspberry Pi	BeagleBone
Модель	R3	Model B	Rev A5
Орієнтовна ціна	29.95 \$	35 \$	89 \$
Габаритні розміри	7.5 × 5.3 см	8.5 × 5.4 см	8.6 × 5.3 см
Мікроконтролер	ATmega328	ARM11	ARM Cortex-A8
Тактова частота	16 МГц	700 МГц	700 МГц
Flash-пам'ять	32 Кбайт	SD карта	4 Гбайт (SD карта)
EEPROM	1 Кбайт	-	-
Напруга живлення	7 - 12 В	5 В	5 В
Цифрові лінії вводу / виводу	14	8	66
Аналогові входи	6 (10-бітний АЦП)	-	7 (12-бітний АЦП)
Інтерфейс TWI / I2C	2	1	2
Інтерфейс SPI	1	1	1
Інтерфейс UART	1	1	5
Інструменти реалізації	Arduino IDE	IDLE, Scratch, Squeak / Linux	Phyton, Scratch, Squeak, Cloud9 / Linux
Порт Ethernet	-	10/100	10/100
Відео вихід	-	HDMI, КОМПОЗИТНИЙ	-

Плати Arduino Uno і Raspberry Pi 4 доступні за ціною до 40 \$. Тоді, як BeagleBone коштує має як три Arduino Uno. Але, треба пам'ятати, що у BeagleBone в 40 разів параметр швидкодії і в 128,000 разів більше оперативної пам'яті, ніж у Arduino Uno, на рівні з платою Raspberry Pi [18].

Основною перевагою Arduino Uno при виборі плат для першої ітерації реалізації системи стала відсутність операційної системи Linux, яка існує для Raspberry Pi і BeagleBone. Ця особливість перетворює останні у невеликі комп'ютери, що можуть виконувати одночасно декілька задач та підтримують програмування різноманітними мовами кодингу. Створення програм для Arduino значно спрощена через відсутність умови багатозадачності.

В той же час, у плат Raspberry Pi та BeagleBone є можливість запускати програми з безосередньо з доступної карти пам'яті (SD-карти для Raspberry Pi і microSD для BeagleBone). Така специфіка дозволяє використовувати різні конфігурації доступних операційних систем, програм, додаткового спроектованого

програмного забезпечення з різних карт пам'яті. Зміна поточної програмної специфікації (у тому числі ОС) легко здійснюється шляхом заміни карти пам'яті.

Вже згаданим плюсом використання Arduino Uno є доступність безлічі навчальних ресурсів та широкого вибору вже готових програмних рішень і пристроїв, доступних для аналізу і використання у власних системах. Основна перевага плат Arduino полягає у простоті взаємодії з різноманітними зовнішніми пристроями та датчиками завдяки наявності великого досвіду роботи з ними.

Тому, що плати Arduino з самого початку проектувалися для легкого підключення великої кількості периферії до мікроконтролеру без потреби в створенні об'ємних зовнішніх схем. Це зумовлює відсутність потреби значного досвіду в електротехніці від проектувальників пристроїв та систем.

Всі розглянуті моделі плат є достатньо компактними. Але, Raspberry Pi має один недолік – SD-карта робить плату більшою в порівнянні з іншими моделями. Якщо вийти за рамки порівнюваних плат, найкращим вибором для невеликих пристроїв були би плати сім'ї Arduino Nano або Mini [22].

Зображення моделей плат Arduino та порівняння їх розмірів представлено на рисунку 2.11.

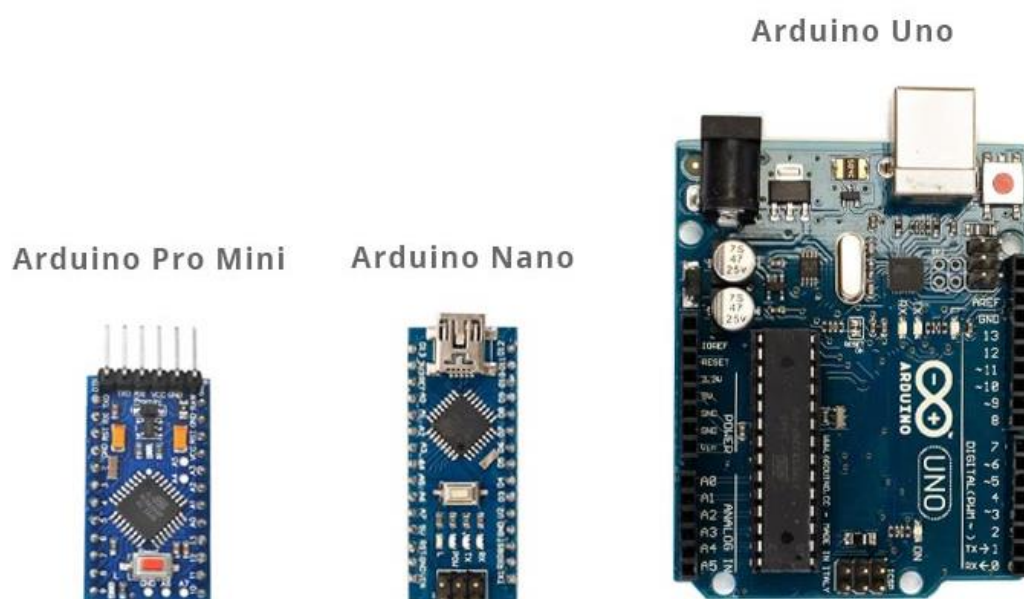


Рисунок 2.11 – Моделі плат Arduino

На ринку доступно багато версій плат Arduino, але у них завжди є спільні риси: використовується мікроконтролер фірми Atmel і програмний завантажувач Arduino, який відповідає за функціонування базових функцій плати.

На платах Arduino можна створювати ПЗ з можливістю обміну даними через Ethernet за допомогою спеціальних плат розширення - шилдів. Але потрібно зауважити, що мережеві можливості таких програм будуть досить низькими. Це також потребує надмірних часових і фінансових вкладень.

В платах Raspberry Pi 4 і BeagleBone підтримка Ethernet реалізована в повному обсязі. Вони працюють на базі Linux OS та мають різноманітні доступні порти, включаючи Ethernet і USB.

Наявність порту Ethernet та його розміщення у розглянутих плат можна побачити на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 – Порівняння плат за наявністю порту Ethernet

Завдяки USB можна легко під'єднувати модулі для бездротової передачі інформації, що дозволяє підтримувати функції віддаленого зв'язку і з'єднання з мережею Інтернет. Окрім цього, сама Linux OS обладнана великою кількістю вбудованого ПЗ, яке розширює мережеві можливості активних пристроїв.

На рисунку 2.13 зображено зовнішній вигляд і приклад підключення мережевого адаптера до плати.



Рисунок 2.13 – Мережевий адаптор

Пріоритетним варіантом плат для пристроїв і систем, які потребують функціонування з зовнішніми датчиками, є Arduino або BeagleBoard. Плати Arduino дозволяють легко під'єднати зовнішні сенсори та стабільно працювати з ними.

Arduino і BeagleBone також мають аналого-цифрові перетворювачі, що дає можливість підключати до плати аналогові датчики.

Велика кількість сучасних датчиків оснащені цифровими інтерфейсами I²C або SPI, але всі порівнювані плати підтримують ці типи інтерфейсу.

Для пристроїв з батарейним живленням рекомендується Arduino, бо має невелике енергоспоживання, що, однак, не дає високих показників продуктивності. За цим показником BeagleBone сильно випереджає конкурентів. Але, ще один плюс плат Arduino в тому, що зберігається можливість роботи плати при різній напрузі, та можна використовувати різні джерела живлення для плати, що робить її більш універсальною для різноманітних пристроїв і систем. Показники Raspberry Pi усереднені, але все ж повністю задовільняють більшості потреб, що можуть з'явитися при проектуванні і конструюванні.

Для додатків з графічним призначенням для користувача інтерфейсом рекомендується використовувати Raspberry Pi, що забезпечена платою HDMI [26].

Плата Raspberry Pi буде гарним вибором для програмного забезпечення і пристроїв з упором на зручний для користувача графічний інтерфейс. Ця плата дійсно виділяється завдяки доступному виходу HDMI, що робить її справжнім одноплатним ефективним комп'ютером з можливістю підключення дисплею або екрану через цей вихід. На рисунку 2.14 зображено загальний розмір плати Raspberry Pi.

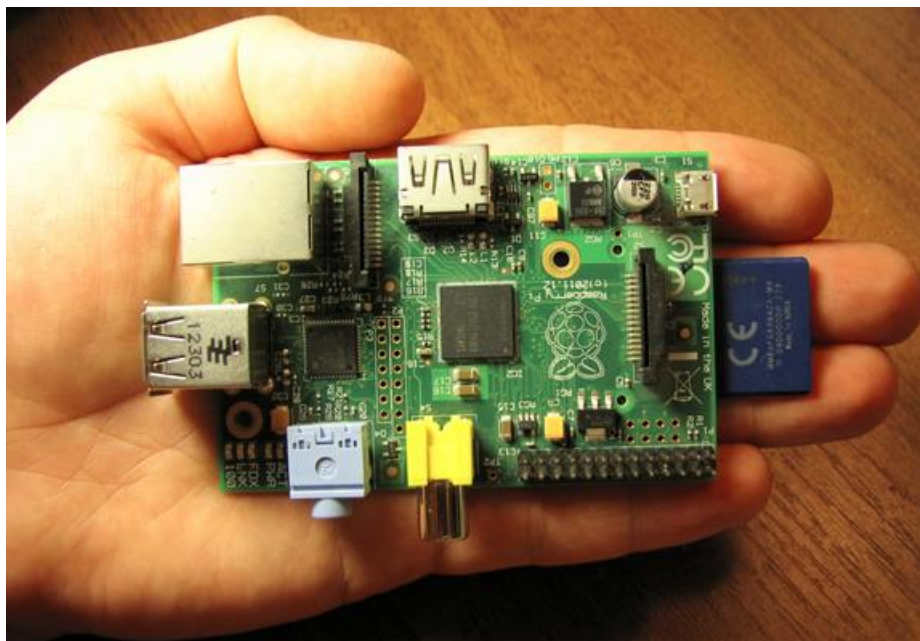


Рисунок 2.14 – Загальний розмір плати Raspberry Pi

Перейдемо до висновків щодо порівняння вибраних плат.

Після порівняння Arduino Uno підтвердила свою функціональну придатність для використання в невеликих проєктах та будучі основою для наукових і студентських досліджень. Але, недостатні показники продуктивності, і потреба в зовнішній периферії роблять плату не дуже доцільною для використання в умовах, які задані для поточного проєкту.

Плата BeagleBone має високі показники в багатьох категоріях, але надмірні розміри, велику споживання енергії і дуже високу вартість для масового використання в умовах сільського господарства.

Плата Raspberry Pi має оптимальні характеристики і ціну для програмного забезпечення, яке потребує наявності дисплея з GUI і стабільного підключення до мережі Інтернет. Тому прийнято рішення модифікувати систему з використанням плати Raspberry Pi.

2.4 Аналіз складових для функціонування бортової навігаційної системи для сільського господарства і реалізація прототипу системи

Після підтвердження використання плати Raspberry Pi, модифікуємо інші модульні складові для досліджуваної системи.

У якості приймача можна розглянути StarFire 300, що став розповсюдженим приймальним пристроєм, який спеціалізований на сигналах EGNOS. Він легко монтується на даху кабіни сільськогосподарської техніки і транспорту.

Цей приймач може інтегруватися з різними системами та модулями, працює від блока живлення 12В і сумісний з дисплеями сім'ї GreenStar. Також є можливість використовувати його для документації. При використанні разом з GreenStar LightBar, його легко поєднати в систему з ручним рульовим управлінням.

Але, краще буде обрати покращену версію StarFire 3000. Всі StarFire 3000 працюють без збоїв з високою точністю з сигналами EGNOS, SF1, SF2 і RTK, сумісні з іншими навігаційними системами від John Deere.

Приймач StarFire 3000 демонструє значну надійність та точність у роботі з різноманітними сигналами (наприклад, EGNOS, SF1, SF2 і RTK тощо), і сумісний з усіма системами навігації від компанії John Deere. Він забезпечує стабільність з'єднання при перешкодах сигналу. Окрім сигналів GPS, приймач також може працювати з сигналами інших навігаційних систем.

StarFire 3000 має здатність швидко вибирати оптимальний з доступних сигнал для стабільного зв'язку. Він значно швидше реагує на супутникові сигнали, порівняно з попередніми моделями (в тому числі з StarFire 300), що дозволяє

оперативно активувати систему AutoTrac при потребі. Якщо сигнал AutoTrac пропадає під час виконання задач, приймач може швидко його поновити без ручного запиту, забезпечуючи гарну надійність.

У якості дисплея можна використати GreenStar 2630, що має компактний дизайн і сенсорний екран, який дозволяє комфортно працювати в польових умовах [28].

Основні плюси даного дисплея:

- наявність навігаційних модулів і системи моніторингу;
- можливість документування проведених операцій;
- діагональний розмір робочого сенсорного екрану - 26 см;
- наявність USB для роботи з зовнішніми даними;
- активні рівні доступу для користувачів і операторів та доступний режим очікування.

Зовнішній вигляд дисплею GreenStar 2630 зображений на рисунку 2.15.



Рисунок 2.15 –Дисплей GreenStar 2630

Приклад відображення графічної інформації на дисплеї GreenStar 2630 зображений на рисунку 2.16.

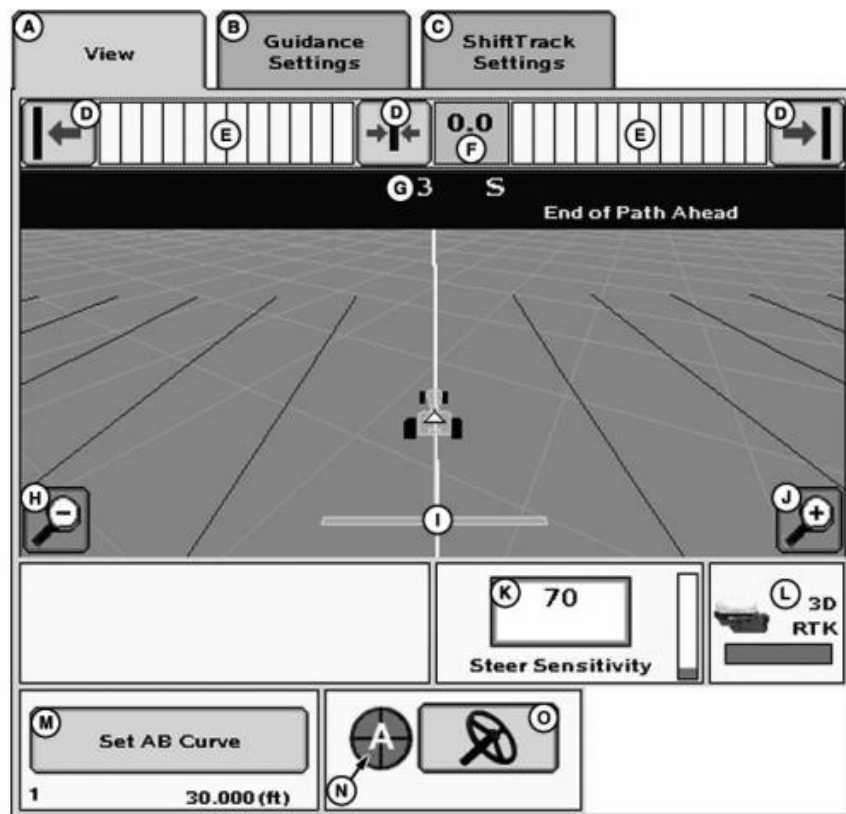


Рисунок 2.16 – Приклад відображення графічної інформації на дисплеї

Схема підключення GreenStar 2630 до Raspberry Pi 4 зображена на рисунку 2.17.

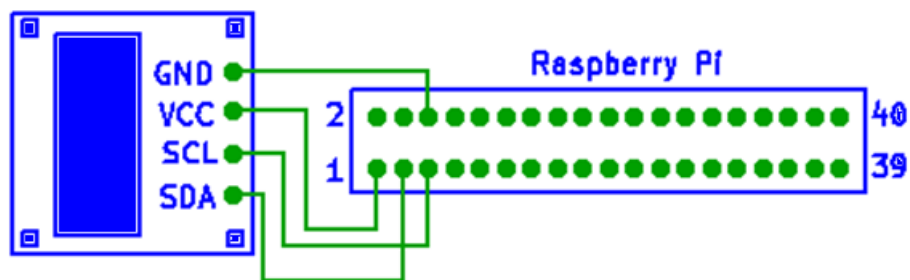


Рисунок 2.17 - Схема підключення GreenStar 2630 до Raspberry Pi 4

Інші частини системи вирішено залишити без змін, поточна конфігурація модулів має підходити для виконання поставлених задач. Структурна схема реалізованого пристрою при цьому не змінюється, елементи використовуються так само.

2.5 Висновки до розділу 2

У цьому розділі був виконаний аналіз методів організації та мінімізації графічних інтерфейсів у задачах навігації і керування. Було виявлено важливість і доцільність для досліджуваної системи GUI, досліджено її специфіку і умови використання.

Було проведено аналіз та оцінку характеристик і різновидів використовуваного апаратного забезпечення, виявлено модулі, які підходять за умовами проекту. Було обрано базову плату, і можливу периферію, яка забезпечить роботу системи в умовах сільського господарства.

Також виконано пошук та дослідження методів зменшення обсягу графічних даних в транспортних бортових навігаційних системах для сільського господарства. Система і її компоненти були модифіковані для можливості виконання проектних задач і стабільної роботи в умовах нестабільного зв'язку і широких польових робіт.

Досліджувана модифікована система складається з наступних модулів:

- базова плата (Raspberry Pi 4);
- плата розширення для GPS/GSM;
- накопичувач для запису даних при відсутності зв'язку з сервером (SD карта);
- дисплей для відображення інтерфейсу і налаштування взаємодії між системою і оператором;
- приймач для передачі інформації (StarFire 3000).

Всі компоненти доступні для використання, їх сукупні можливості дозволяють відповідають поставленим вимогам, та можуть нівелювати проблеми, які ймовірно виникнуть в умовах сільськогосподарських промислових робіт.

Система залишається модульною, зі збереженням структурної схеми пристрою. Це рішення забезпечує відповідність умовам, що дозволяє не вносити зміни у загальну функціональність досліджуваної системи. При цьому вибрана

конфігурація зберігає свою придатність для використання в умовах сільського господарства, що дозволяє ефективно виконувати поставлені завдання.

Система залишається модульною, з збереженням структурної схеми пристрою. Це рішення забезпечує сумісність із завданнями проекту, не вносячи змін у функціональність системи. При цьому вибрана конфігурація зберігає свою придатність для використання в умовах сільського господарства, що дозволяє ефективно виконувати поставлені завдання.

3 АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК І ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСЛІДЖУВАНИХ МЕТОДІВ

3.1 Аналіз основних характеристик досліджуваного інтерфейсу і системи

Розглянемо інтерфейс проектованої системи, його складові, функції та особливості, що задовольняють сформовані задачі системи.

Загальна структура інтерфейсу системи зображена на рисунку 3.1.

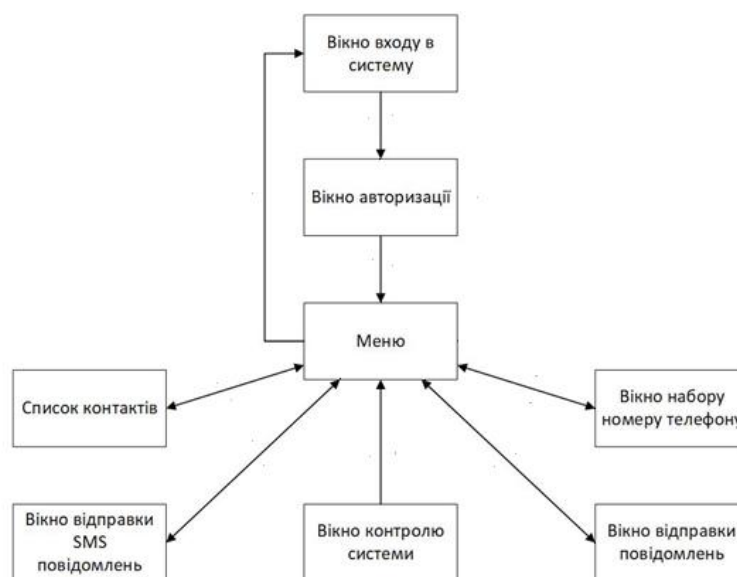


Рисунок 3.1 - Загальна структура інтерфейсу системи

Серед елементів графічного інтерфейсу системи :

- стартове вікно при запуску системи;
- вікно авторизації користувача;
- список доступних контактів підприємства і вікно набору номера телефона;
- вікно відправки внутрішніх повідомлень;
- вікно відправки SMS повідомлень;
- вікно контролю системи і вибору режиму роботи;
- додаткове вікно інформації;

При запуску системи першим активується стартове вікно, яке зображене на рисунку 3.2.

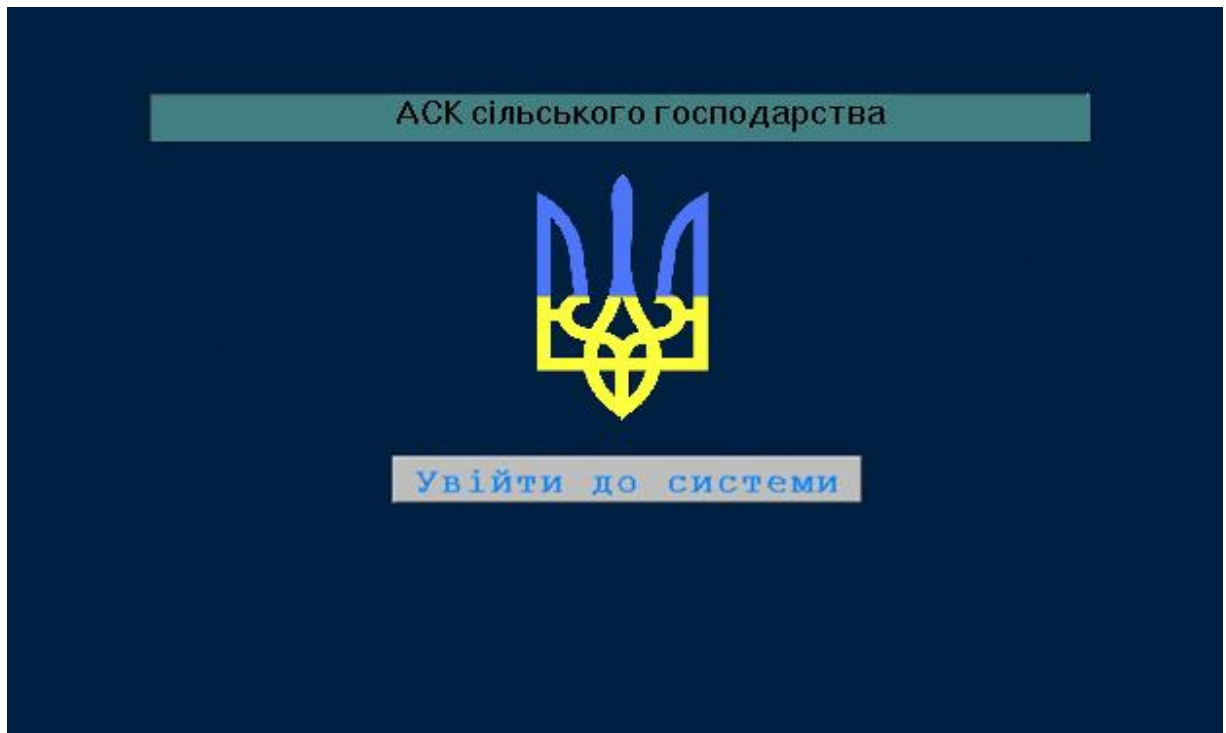


Рисунок 3.2 – Стартове вікно запуску системи

На стартовому вікні розміщені два елементи текстового функціоналу Text, один елемент зображення Image та кнопка Button, що потрібна для переходу у вікно авторизації.

Загалом, у елемента інтерфейсу Button може бути дві контрольовані події. Першою є Touch Press Event, коли дія відбудеться при натисканні користувача на

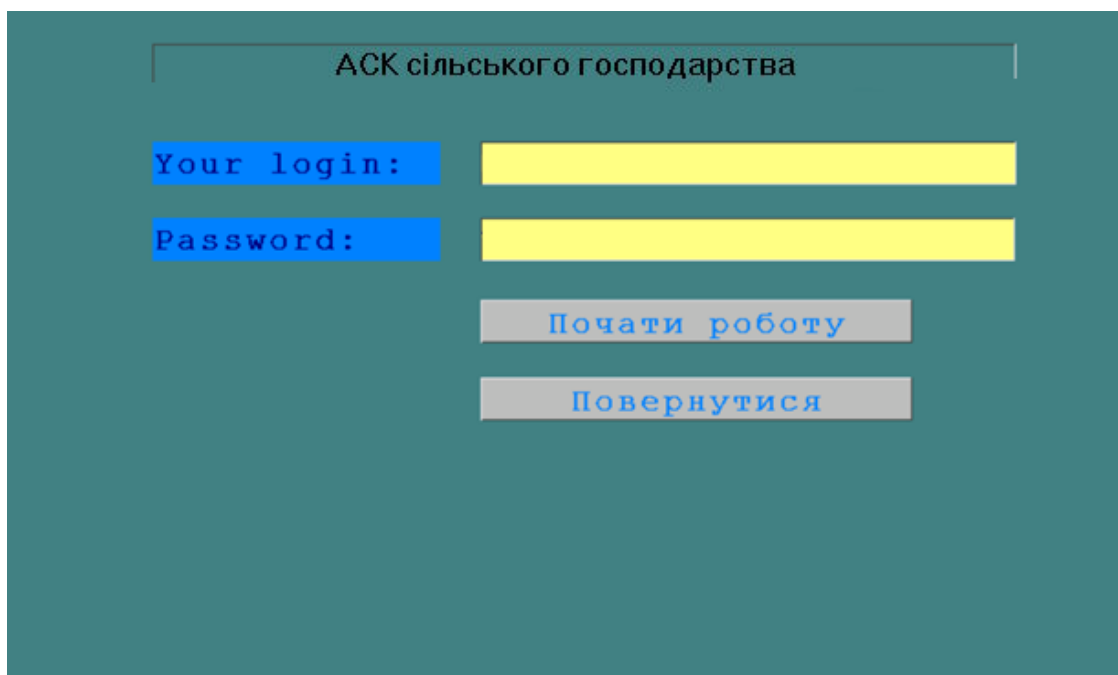
кнопку «Увійти до системи». Другою є Touch Release Event, коли дія відбувається при відпусканні кнопки.

Для кожної події в системі можна задати та налаштувати користувацькі параметри, написавши окремі інструкції в коді для них.

Для поточної системи обрано використати подію Touch Press Event, оскільки маємо сенсорний дисплей, а система реагує на дотик до нього. Це сприяє тому, що система, фактично, працює швидше.

У параметрах Button для події Touch Press Event вказано функцію, яка виконує перехід на наступну форму, що визначена як LoginPage. Ця функція відображає вікно з системою авторизації.

Вікно з формою авторизації користувача в систему зображено на рисунку 3.3.



The image shows a login interface with a teal background. At the top, there is a title bar with the text 'АСК сільського господарства'. Below the title bar, there are two labels: 'Your login:' and 'Password:', both in blue text. To the right of each label is a yellow rectangular input field. Below the input fields, there are two buttons: 'Почати роботу' (Start work) and 'Повернутися' (Return), both in blue text on a light gray background.

Рисунок 3.3 – Вікно з формою авторизації користувача в систему

На рисунку 3.4 представлено вигляд екранної клавіатури системи.

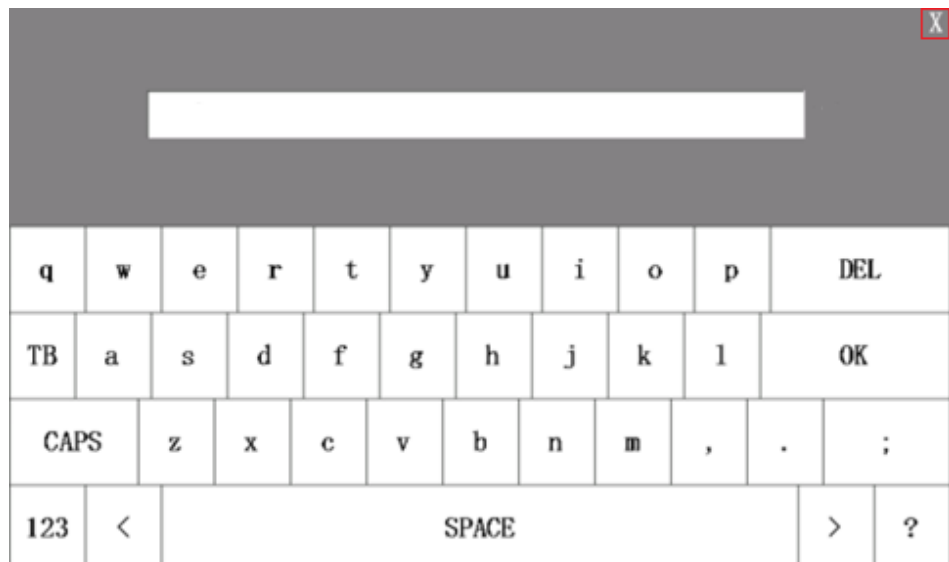


Рисунок 3.4 - Екранна клавіатура системи

Якщо натиснути кнопку "Почати роботу", на порт RX TX дисплею будуть відправлені дані з полів Login та Password за допомогою функціональних команд `print login_in_txt.text` та `pass_In_txt.txt`. Параметр `.txt` містить введені дані у текстовому форматі. Ці дані передаються на контролер у тому ж самому текстовому форматі. При натисканні кнопки "Повернутися" відбудеться перехід на початкове вікно.

Після авторизації на сервері, контролер виконує перехід на наступну форму з меню, яке показане на рисунку 3.5.

Написати	Кому надіслати
Подзвонити	Бригадир
SMS	Зав. гар.
Контроль	Нач. Мех.
Навігація	Зав. рем. служби
Сервіс	Нач. СТО
	Інженер КІПіА
	Інженер механік
	Управляючий
Кінець роботи	Обрати

Рисунок 3.5 - Меню системи і список контактів

На рисунку 3.6 зображено вікно вільного набору номеру телефону. Після введення номера та натискання кнопки "Викликати", контролер отримує номер у текстовому форматі за допомогою виконання команди `print_number.txt`, разом з кодом, що ініціює початок дзвінка. Подібна послідовність працює із вікном SMS, де також відбувається введення тексту та подальше відправлення його у вигляді текстового повідомлення.

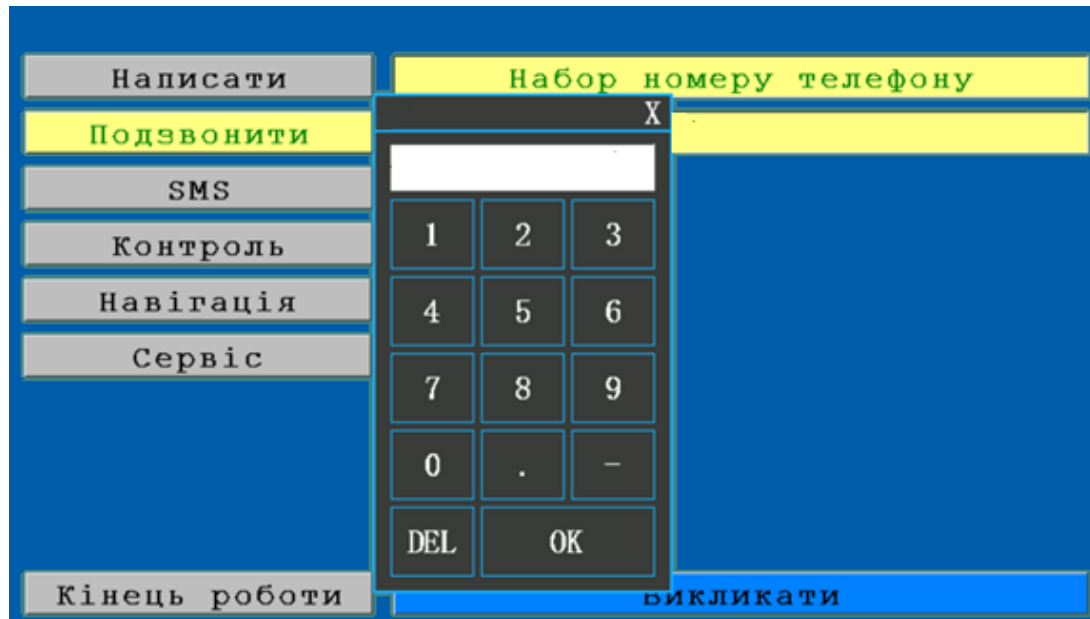


Рисунок 3.6 - Вікно вільного набору номера та дзвінка за допомогою системи

На рисунку 3.7 зображено вікно навігації, де три текстових поля стабільно обмінюються інформацією про місцезнаходження транспортного засобу чи техніки в форматі координатних довготи і широти, а також напрямку руху, які надходять на дисплей оператора від контролера, який отримує ці дані за допомогою GPS шилда. Для отримання навігаційних даних, оператору не потрібно виконувати жодних самостійних дій, важливо лише, щоб дані стабільно надходили на дисплей у коректному форматі.

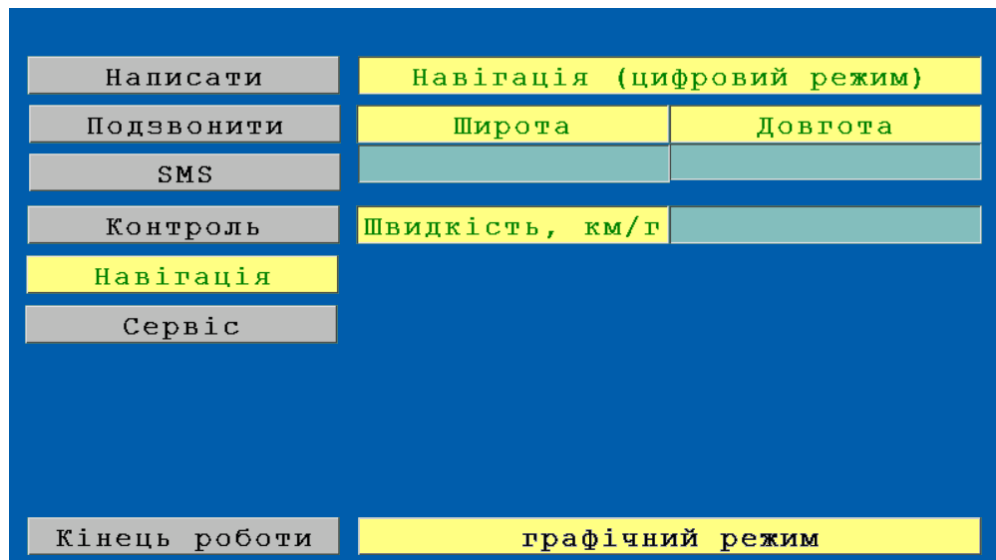


Рисунок 3.7 - Вікно навігації

У вікні навігації знаходиться кнопка переходу у вікно вибору заданого графічного режиму обробки і навігації.

Для використання оператором сільськогосподарської техніки доступно чотири заданих режиму роботи.

Перший – базовий режим роботи. При його активації техніка рухається паралельними лініями до двох прямих, які зумовлюють точки розвороту. Дистанція між лініями завжди залишається однаковою.

Графічний приклад роботи в базовому режимі зображений на рисунку 3.8.

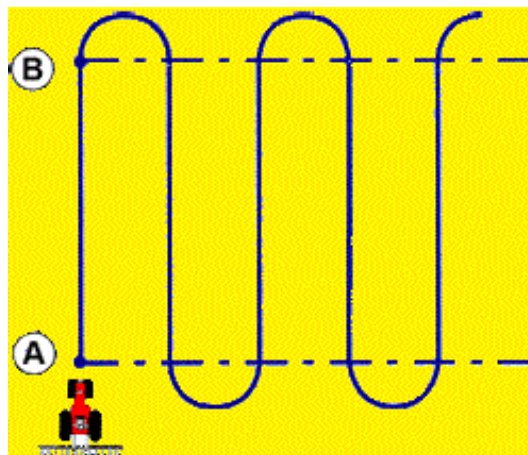


Рисунок 3.8 - Базовий режим роботи і навігації

Другий – режим адаптивної кривої. Перший прохід техніки – довільний, усі наступні повторюють попередній. Дистанцій на конкретній ітерації може змінюватись.

Графічний приклад роботи в режимі адаптивної кривої зображений на рисунку 3.9.

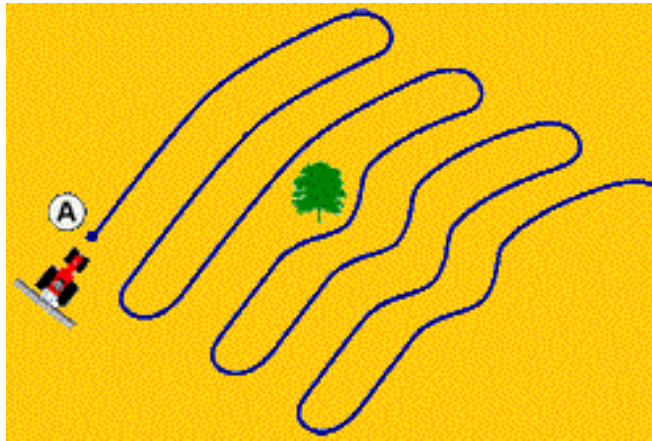


Рисунок 3.9 - Режим адаптивної кривої

Третій – режим ідентичної кривої. Перший прохід техніки – довільний, усі наступні повторюють перший. Дистанцій на конкретній ітерації може змінюватись лише при виявленні перешкод.

Графічний приклад роботи в режимі адаптивної кривої зображений на рисунку 3.10.

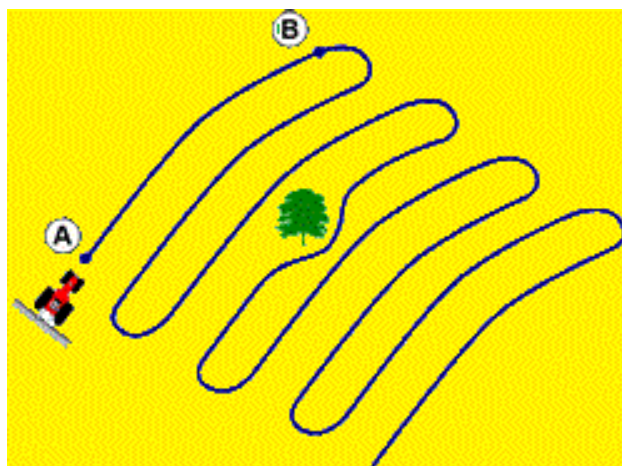


Рисунок 3.10 - Режим ідентичної кривої

Четвертий – режим передчасної обробки поля. Першочергово, відбувається обробка зон прогнозованих розворотів в декілька ітерацій. Після цього техніка рухається аналогічно базовому режиму.

Графічний приклад роботи в режимі передчасної обробки поляображений на рисунку 3.11.

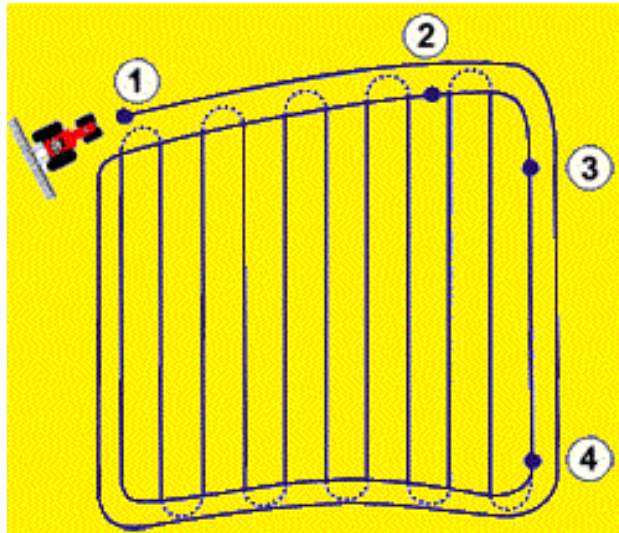


Рисунок 3.11 - Режим передчасної обробки

За допомогою можливості вибору режиму обробки і навігації в системі здійсниться зменшення об’єму графічної інформації і навігаційних даних.

Завдяки наявності вибору одного з режимів, в польових умовах не має необхідності оновлювати навігаційні і аналітичні дані з частотою в секунду чи більше. Режим автоматично налаштовує маршрут, без потреби в постійній комунікації з зовнішніми системами і модулями навігації, що є рішенням виявленої проблеми надмірного розміру графічної інформації і недостатніх можливостей мережі в умовах сільськогосподарських робіт [29].

3.2 Аналіз ефективності досліджуваних методів та використовуваної системи

Для стабільного функціонування системи в умовах сільськогосподарських робіт потрібно розрахувати обсяг даних, що передаються. Графічне зображення в системі буде формату 576x480 точок, палітра доступних кольорів – 1024.

Тоді, загальний обсяг графічної інформації отримаємо згідно формули:

$$N = 2^i = 1024, i = 10, K = 576 \cdot 480$$

$$V = Ki = \frac{576 \cdot 480 \cdot 10}{8 \cdot 1024} = 337,5 \text{ Кбайт} \quad (3.1)$$

де N - кількість кольорів в палітрі;

i - глибина кольору в бітах на один піксель;

K – кількість точок в зображенні.

Обсяг графічної інформації для схожих дисплеїв представлено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Обсяг графічної інформації для дисплеїв іншого формату

Формат (кількість точок)	Глибина кольору	Обсяг графічних даних
800x480	10	468,75 Кбайт
800x480	16	750 Кбайт
1024x768	16	1,54 Мбайт
1280x720	16	1,8 Мбайт

Оновлення даних, з урахуванням наявних задач, можна проводити раз у 7 секунд. Швидкість передачі даних при заданих умовах буде $\sim 48,22$ Кбіт/с.

Таку швидкість передачі даних можливо ефективно і стабільно використовувати в сільськогосподарських умовах, тому реалізована система може вважатися ефективною для використання згідно початкових задач.

3.3 Аналіз можливих недоліків та варіантів подальшої модернізації системи

На фінальному етапі проектування системи, всі знайдені недоліки виправлені, система повністю функціональна.

Під час роботи було вирішено проблеми надмірного обсягу графічних даних, і недостатньої пропускної здатності мережі.

Але, існують вже популярні методи зменшення обсягу наявної графічної інформації, що відображається на дисплеї системи.

Можна розглянути деякі подібні алгоритми.

Алгоритм RLE (Run Length Encoding) – один з до групового кодування інформації, що проводить стиснення даних за рахунок кодування повторних послідовностей. Даний алгоритм є одним із з найпростіших у своїй реалізації, не потребує додаткової пам'яті під час стиснення чи розшифровки даних, і має дуже велику кількість варіантів використання за усі роки роботи з ним [30].

Оскільки алгоритм RLE належить до методів групового кодування, можливо значно збільшити ступінь стиснення для деяких зображень за рахунок перестановки порядку кольорів у доступній палітрі.

Показники та ступені стиснення можуть бути одним з двох варіантів: 32, 2, 0,5 або 64, 3, 0,99 (кращий, середній та найгірший результат).

Алгоритм RLE призначений для обробки зображень з обмеженим числом наявних кольорів.

Тобто, робота цього метода полягає у заміні послідовностей повторюваних значень парою функціональних чисел: одне вказує на кількість повторень значення (довжина групи), інше - на саме значення. Цей метод є простим, і не передбачає втрат даних.

Він застосовується у великій кількості сучасних форматах графічних файлів, наприклад, PCX і BMP. Він заснований на тому, що багато зображень містять сегменти з великою кількістю пікселів одного кольору поруч один з одним.

Якщо зустрічається послідовність із 100 нулів у зображенні, вона буде замінена парою чисел (100, 0). Таким чином, цей фрагмент графічного зображення стискається в п'ятдесят разів від початкового значення.

В цілому, такий метод може бути застосований до досліджуваної системи, якщо умови і завдання будуть потребувати більшого стиснення інформації.

Ще одним методом стиснення є JPEG (Joint Photographic Expert Group). JPEG використовується для стиснення статичних графічних зображень і працює за принципом стиску з втратами [30].

У порівнянні з RLE, JPEG є значно більш функціонально складним методом стиснення. Основна концепція цього методу полягає в розподілі даних в зображенні за їх важливістю та вилученні менш важливих деталей, що дозволяє зменшити об'єм загальних даних.

Таким чином, виконується перетворення матриці кольірних значень у матрицю амплітуд, яка відповідає певним частотам розкладання графічного зображення.

При використанні базового JPEG – стиснення, високочастотні компоненти зображення відкидаються, залишаючи лише ті, які мають низькі частоти. Людське око менш чутливе до високочастотних змін кольорового спектру. Базовий вигляд графічного зображення визначається низькочастотними компонентами. При реалізації відновленні зображення, значення конкретних окремих пікселів може трохи відрізнятись від початкового, оскільки частина інформації була втрачена при стисненні, але, помітні відмінності незначні.

Метод JPEG має особливу можливість – користувацьке встановлення коефіцієнта якості. При виборі високого коефіцієнта, зображення стає більш деталізованим, але розмір файлу стає більшим і ступінь стиснення, фактично, зменшується. В іншому випадку, при виборі низького коефіцієнта, збільшується ступінь стиснення, але якість зображення погіршується. При зменшенні коефіцієнта якості збільшується кількість відбракованих даних.

Алгоритм LZW (Lempel, Ziv, Welch) - це метод стиснення даних, який оснований на процесі виявленні однакових послідовностей байтів у потоці даних.

Цей метод може досягати значного ступеня стиснення (до 1000), що особливо ефективно для однокольорових 8-бітових зображень [30].

Ланцюги байтів даних графічного зображення замінюються одним символом або кодом з таблиці. При цьому, чим більше збігається послідовність, тим ефективніше відбувається стиск даних.

Алгоритм Хаффмана - це метод стиснення даних, який базується на виявленні частоти зустрічі різних бітів у зображенні. Така частотна інформація використовується для створення оптимального кодування, де найбільш часті символи в зображенні кодуються коротшими бітовими послідовностями [30].

Існує декілька варіантів алгоритму Хаффмана, наприклад, з фіксованою таблицею CCITT Group 3. Цей варіант використовується для чорно-білих двокольорових графічних зображень, де переважають великі частини, заповнені білим кольором.

Алгоритм Хаффмана з фіксованою таблицею є простим для апаратної реалізації і використання у пристроях. Такий алгоритм забезпечує гарне стиснення - 213, 2, але має усього два варіанта.

Базовий алгоритм групового кодування працює на основі аналізу значень пікселів у послідовності з самого початку.

Коли алгоритм знаходить послідовності трьох або більше пікселів з однаковими значеннями, він замінює цю послідовність на пару чисел: перше число вказує на кількість повторень цієї послідовності, а друге число - на значення цих пікселів.

Таким чином, базовий алгоритм групового кодування спрощує послідовності пікселів, які повторюються, за допомогою стиснення, замінюючи їх коротшими символічними визначеннями.

Цей алгоритм використовує специфічні мітки для визначення довжини відрізків послідовності однакових пікселів. Такі мітки розрізняють послідовності однакових значень пікселів та послідовності, в яких пікселів різні.

Для реалізації цього функціоналу, кожна мітка містить інформацію про кількість пікселів у відрізьку чи послідовності, де значення можуть бути однаковими

або різними. Також, для розрізнення міток відрізків та міток послідовностей, використовується зарезервований біт, який дозволяє програмі відрізняти ці різновиди міток.

Під час відновлення, стиснуте зображення зчитується, і відрізки пікселів, які повторюються, повністю відновлюються. Отримане зображення буде повністю відповідати оригіналу через те, що дані, які використовуються для стискання зображення, не втрачаються остаточно.

На рисунку 3.11 зображено різноманіття методів стиснення графічної інформації без втрат.



Рисунок 3.11 – Метод стиснення графічної інформації без втрат

Загалом, оцінка втрати якості в процесі стиснення зображень є значною проблемою. Така проблема виникає через те, що кожен етап стиснення чи обробки графічних даних може призвести до втрати частини інформації.

При оцифруванні, конвертації кольорів, зміні послідовності пікселів та інших різноманітних операціях можуть виникати штучні артефакти, втрати та інші небажані графічні ефекти, що можуть впливати на загальний вигляд і якість базового зображення.

Основним принципом алгоритму фрактального кодування є виділення частин зображення, які мають схожу структуру. Головними для цього алгоритму є доменні і рангові блоки зображення, які формують квадратні області, з яких складається графічне зображення [31].

Використання подібних блоків стало основою для більшості сучасних алгоритмів фрактального кодування.

Одним з недоліків фрактального стиснення є необхідність повного перебору всього масиву пікселів для виявлення відповідних доменних блоків. Це потребує послідовного порівняння між собою двох масивів, що сильно підвищує час виконання задачі.

Стиснення зображення з використанням фрактального алгоритму включає два етапи [31]:

- розбиття зображення на споріднені області розміром $N \times N$ (рангові області).
- визначення набору доменних областей.

Доменні області можуть перекриватись, і вони не обов'язково повинні займати всю поверхню графічного зображення. Дуже часто, розміри доменних областей визначають за кількістю $2N \times 2N$.

Для кожної рангової області вибирається доменна область, яка після перетворень найкраще відображає значення рангової області.

Загалом, зараз доступно багато алгоритмів (є навіть стандартизовані), які дозволяють проводити стиснення графічної інформації.

Наразі, не вдається однозначно визначити найкращий, вибір оптимального алгоритму або методу залежить від конкретних вимог до якості і розміру відновленого зображення, наявності потрібних пристроїв та ПЗ.

Також, вибір методу стиснення може залежати від того, як людина відчуває погіршення якості зображення після його відновлення, та, чи задовольняє технічним потребам фінальна якість цього зображення [31].

Ефективним алгоритмом стиснення графічної інформації можна назвати той, який гарантує мінімальну візуальну різницю початкового зображення та відновленого. Але, при загальному підвищенні рівня стиснення, для кожного алгоритму стають помітні індивідуальні побічні ефекти та артефакти.

Не потрібно використовувати алгоритми стиснення з втратами для графічних зображень, які будуть потрібні в подальшому у високій якості і чіткості (наприклад, для друку або для системи розпізнавання).

Приклад алгоритму стиснення з втратами зображено на рисунку 3.12.

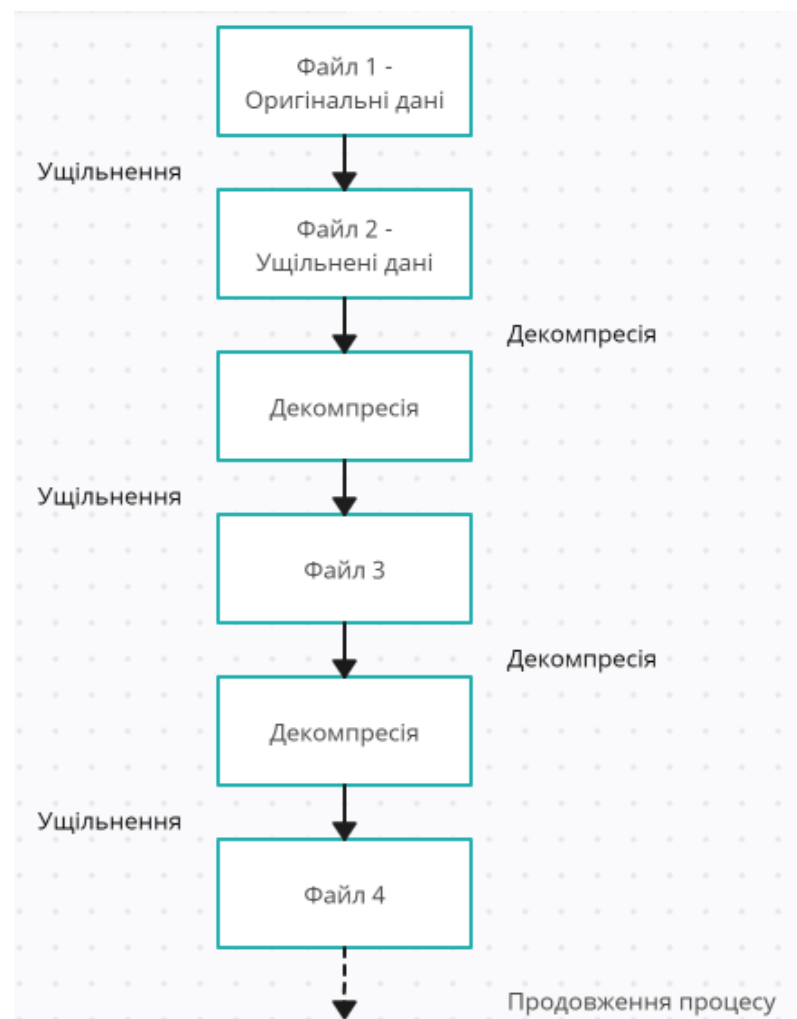


Рисунок 3.12 – Приклад алгоритму стиснення з втратами

Вивчення впливу використання різних комбінацій алгоритмів стиснення представлення графічних даних у комп'ютерних системах і ПЗ допоможе визначити нові напрямки та методи збільшення ефективності стиснення графічної інформації. Модернізація програмного забезпечення також підтримує розвиток методів стиснення інформації [31].

3.4 Висновки до розділу 3

В цьому розділі ми розглянули інтерфейс досліджуваної системи, його складові, функції.

Визначили основні доступні запрограмовані режими роботи, які дозволяють зменшити обсяг графічної навігаційної інформації.

Було розраховано, що швидкість передачі даних близько 48,22 Кбіт/с повністю актуальна для використання в сільськогосподарських умовах.

Під час роботи було розглянуто різні алгоритми стиснення, такі як RLE, JPEG, LZW, алгоритм Хаффмана та фрактальне кодування. Кожен з цих алгоритмів має свої переваги та мінуси, і вибір оптимального варіанта залежить від конкретних потреб користувача або розробника, а, також, вимог до якості графічного зображення.

Ефективність алгоритмів стиснення полягає у можливості нівелювати візуальну різницю між базовим і стиснутим зображенням.

Потрібно враховувати, що втрата якості після стиснення може вплинути на подальше використання графічної інформації.

Нові методи підвищення ефективності стиснення зображень можуть з'явитися завдяки вивченню впливу різних комбінацій використання існуючих сьогодні алгоритмів. Остаточний вибір алгоритмів і методів стиснення повинен враховувати задачі та потреби користувача, а також вимоги до якості та розміру відновленого зображення.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження, предметом якого були бортові навігаційні системи сільськогосподарського призначення, а метою - зменшення обсягу графічної інформації в бортових навігаційних системах, і забезпечення стабільної роботи такої системи в сільськогосподарському транспорті, був проведений аналіз доступних геоінформаційних систем і бортових навігаційних пристроїв, їх специфікації і призначення. Розглянуті можливі методи та алгоритми зменшення обсягу даних. Досліджено методи зменшення графічної інформації. Проведене порівняння доступних розповсюджених апаратних складових подібних систем.

Було спроектовано бортову навігаційну систему з людино-машинним інтерфейсом та зменшеним обсягом графічної інформації, яка задовольняє умовам, які притаманні сільському господарству, а саме – невеликий обсяг переданих через мобільну мережу даних, і стабільне функціонування системи в польових умовах.

Результати дослідження дозволили виявити проблеми, пов'язані з низькою пропускною здатністю мережі в умовах польових робіт, а, також, вірогідності втрати стабільного функціонування системи в умовах постійного впливу на апаратну частину вібрації транспорту під час виконання роботи.

Аналіз джерел інформації демонструє, що простие збільшення пропускної здатності каналів викликає надмірний ріст вартості обладнання, і не є гарантією стабільної передачі великих об'ємів даних в польових умовах.

(яка складає майже 70% корисної інформації для водія або оператора)

Тому, виявлений напрямок подальших досліджень, який включає розвиток алгоритмів стиснення і зберігання графічної інформації (яка складає майже 70% корисної інформації для водія або оператора), та подальший аналіз доступних рішень в області геоінформаційних систем, які будуть максимально ефективні для сільського господарства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бахметьєв В.В., Киричек Г.Г. Доцільність використання технології Serverless computing в Javascript додатках. Тиждень науки-2022. Факультет комп'ютерних наук і технологій. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 18-22 квітня 2022 р. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. С.804-806.
2. Бахметьєв В.В., Киричек Г.Г. Документо-орієнтовані СКБД MongoDB та Couchdb. Тиждень науки-2022. Факультет комп'ютерних наук і технологій. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 18-22 квітня 2022 р. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. С.800-803.
3. Киричек Г.Г., Бахметьєв В.В., Тягунова М.Ю. Графічне представлення інформації при виконанні сільськогосподарських завдань. Міжнародна наукова конференція «Новітні досягнення в науці та техніці і їх значення для суспільства», м.Ченстохов, Республіка Польща, 6–7 грудня 2023.
4. Точне землеробство. SuperAgronom. URL: <https://superagronom.com/slovnik-agronoma/tochne-zemlerobstvo-id18871> (дата звернення: 10.10.2023).
5. Що таке точне землеробство і як почати його використовувати. Українська промислова група. URL: <https://uapg.ua/blog/shho-take-tochne-zemlerobstvo-i-yak-pochati-jogo-vikoristovuvati/> (дата звернення: 10.10.2023).
6. Назаренко Т. Г. Використання геоінформаційних технологій в процесі навчання географії. Тези доповідей науково-практичної конференції, Полтава, 22-23 лютого 2021 р. Полтава: Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 2021. С. 84-88.
7. Петренко О.Я. Географічний та просторовий аналіз даних засобами ArcGIS: навч. посіб. Київ: ІПДО, 2017. 96 с.
8. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний та ін. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.

9. Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Миколаїв : Вид. ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
10. Пічугін М.Ф., Канкін І.О., Воротніков В.В. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 346 с.
11. Власій О. О, Дудка О. М. Комп'ютерна графіка. Обробка растрових зображень: навч. – метод. посіб. Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2015. 72 с.
12. Тотосько О. В., Микитишин А. Г., Стухляк П.Д. Комп'ютерна графіка: навч. посіб.: у 2 кн. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. Кн. 2. 304 с.
13. Server-based GPS tracking system Wialon Local. Gurtam. URL: <https://gurtam.com/en/wialon/wialon-local> (date of access: 12.10.2023).
14. Доценко С. І. Людино-машинний інтерфейс: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2022. 135 с.
15. Муляр В. П. Візуалізація даних та інфографіка. Харків: ФОП Панов А. М., 2020. 200 с.
16. Зацерковний В. І., Оберемок Н. В., Кун Ю. В. Застосування геоінформаційних систем та геоінформаційних технологій у дослідженні ландшафтів. Управління розвитком складних систем. 2018. № 34. С. 92 – 103.
17. Система електричного автоматичного управління John Deere AutoTrac Universal 200. Traktorist. URL: <https://traktorist.ua/technologies/sistema-elektrichnogo-avtomatichnogo-upravlinnya-john-deere-autotrac-universal-200> (дата звернення: 14.10.2023).
18. Саварин П. В., Ящук А.А., Поліщук М.М. Перспективи сенсорної взаємодії людино-машинних інтерфейсів. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2019. № 34. С. 68 – 73.
19. Рисований О. М. Системне програмування. Графічний інтерфейс користувача (GUI): навч. посіб. Харків: Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", 2018. 160 с.

20. The Real History of the GUI. Sitepoint. URL: <https://www.sitepoint.com/real-history-gui/> (date of access: 18.10.2023).
21. Авраменко В.С., Авраменко А.С. Проектування інформаційних систем: навч. посіб. Черкаси: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2017. 434 с.
22. Arduino Uno. Arduino UA. URL: <https://arduino.ua/prod32-arduino-uno-rev3-a000066> (дата звернення 16.10.2023).
23. GPRS/GSM GPS шилд на SIM808. Arduino UA. URL: <https://arduino.ua/prod1585-gprsgsmgps-sim808-shild> (дата звернення 19.10.2023).
24. Nextion. URL: <https://nextion.tech/> (дата звернення 22.10.2023).
25. Nextion 5. Arduino UA. URL: <https://arduino.ua/prod1557-5-0-hmi-panel-nextion-basic-series-nx8048t050-800h480> (дата звернення 22.10.2023).
26. Raspberry Pi. Arduino UA. URL: <https://arduino.ua/prod3274-raspberry-pi-4-2gb> (дата звернення 22.10.2023).
27. BeagleBone Green. Arduino UA. URL: <https://arduino.ua/prod2918-beaglebone-green> (дата звернення 22.10.2023).
28. GreenStar 3 2630 John Deere. LET. URL: <https://let.in.ua/product/dysplej-greenstar-3-2630-john-deere/> (дата звернення 22.10.2023).
29. Фауре Е. В. Методологія захисту інформації на основі факторіального кодування даних: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.21. Черкаси, 2018. 477 с.
30. Зубко Р. А. Алгоритми стиснення зображень. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. Вип. 61, С. 40 – 43.
31. Salomon D., Motta G. Handbook of Data Compression. 5th ed. London: Springer-Verlag, 2010. 1359 p.