

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОНОМІКИ І МЕНЕДЖМЕНТУ**

Кафедра кібернетики та інформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь - «Бакалавр»

**на тему: Розробка інформаційної системи для аналізу впливу
агрономічних факторів на врожайність через кластеризації
та регресії (ТОВ «Дружба Нова»)**

Виконав:

студент спеціальності

126 «Інформаційні системи та технології»

ОП «Інформаційні системи та технології»

Сергієнко Владислав Юрійович

Керівник:

Руденко Юлія Олександрівна

д. п. н., доцент кафедри кібернетики та інформатики

Рецензент:

Дегтярьова Неля Валентинівна

к. п. н., доцент кафедри інформатики Сумського
державного педагогічного університету імені
А.С.Макаренка

Суми – 2025

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Економіки і менеджменту
Кафедра	Кібернетики та інформатики
Освітній ступінь	«Бакалавр»
Спеціальність	126 «Інформаційні системи та технології» ОП «Інформаційні системи та технології»

Затверджую:
Завідувач кафедри Світлана АГАДЖАНОВА

«_____» «_____» 2024_____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сергієнко Владиславу Юрійовичу

1. Тема роботи: Розробка інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії

2. База практичного дослідження: ТОВ «Дружба Нова»

керівник роботи Руденко Юлія Олександрівна, д.п.н., доцентка

затверджена наказом по університету від « 4 » 05 2024 р. № 498-н

3. Строк подання студентом закінченого проекту (роботи)

«23» червня 2024 року

4. Вихідні дані до проекту (роботи):

Результати аналітичних досліджень зарубіжних та вітчизняних вчених, нормативні документи та чинне законодавство, Інтернет-джерела.

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

- виконати постановку задачі;
- вибрати середовище для реалізації програмного додатку;
- провести аналіз наявних рішень для вирішення проблеми;
- розробити ІС для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність і обґрунтувати вибір програмного забезпечення;
- розробити програмний продукт для застосування алгоритмів кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова»;

6. Дата видачі завдання:

«9 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту(роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Визначення об'єкту, предмету дослідження, формулювання мети та задач кваліфікаційної роботи, складання плану	січень 2024 р.	виконано
2	Підбір та вивчення літературних джерел	січень 2024 р.	виконано
3	Узагальнення теоретичного матеріалу з обраної теми дослідження та представлення чорнового варіанту першого розділу кваліфікаційної роботи	січень 2024 р.	виконано
4	Збір та обробка фактичного матеріалу, узагальнення аналізу застосування досліджуваного питання в установі (переддипломна практика)	січень - березень 2024 р.	виконано
5	Оформлення теоретичної частини кваліфікаційної роботи, узагальнення аналітичної частини, захист звіту по переддипломній практиці	березень 2024 р.	виконано
6	Оформлення практичної частини кваліфікаційної роботи, розробка проекту вебдодатку, розробка програмного продукту.	квітень 2024 р.	виконано
7	Підготовка висновків, пропозицій та узгодження з керівником	травень 2024 р.	виконано
8	Підготовка кінцевого варіанту кваліфікаційної роботи	до 3 червня 2025 р.	виконано
9	Опрацювання зауважень керівника, перевірка на автентичність	до 6 червня 2025 р.	виконано
10	Перевірка з академічної доброчесності кваліфікаційної роботи	9 червня 2025 р..	виконано
11	Представлення кваліфікаційної роботи на кафедрі, деканат	23 червня 2025 р..	виконано
12	Підготовка доповіді, презентації до кваліфікаційної роботи та її попередній захист	до 27 червня 2025 р..	виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи	28 червня 2025 р.	виконано

Здобувач вищої освіти

Владислав СЕРГІЄНКО

Керівник роботи

Юлія РУДЕНКО

Перевірку на автентичність проведено

Надія БАРАНИК

Дипломна робота допущена до захисту

Світлана ЛУКАШ

АНОТАЦІЯ

Сергієнко В.Ю. Розробка інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» ОП Інформаційні системи та технології, СНАУ, Суми-2025р. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню актуальних питань, пов'язаних з розробкою інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії. У роботі проведений аналіз проблем пов'язаних з відсутністю такої системи. Наведене обґрунтування перспективних шляхів удосконалення системи збору і аналізу агрономічних даних.

Актуальність теми обумовлена зростанням світових потреб у продуктах та посилення впливу кліматичних змін на сільське господарство. Це вимагає переходу аграрних підприємства до точного землеробства, яке базується на аналізі великих даних та побудові математичних моделей для оцінки впливу різних факторів на врожайність. Розробка такої системи з використанням методів кластеризації та регресії є актуальною задачею, оскільки дозволить не лише підвищити точність прогнозів врожайності, але й оптимізувати використання ресурсів та підвищити економічну ефективність підприємства.

Основними завданнями дослідження є аналіз предметної області; розробка ІС для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність і обґрунтування вибору програмного забезпечення; розробка програмного продукту для застосування алгоритмів кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова».

Результати дослідження сприятимуть впровадженню точного землеробства на базі аналізу великих даних, підвищенню врожайності за рахунок обґрунтованих агрономічних рішень, оптимізації використання ресурсів, автоматизації процесів збору та обробки агроінформації, а також зростанню економічної ефективності аграрного підприємства.

Розроблена інформаційна технологія може бути використана агрономічними підприємствами для аналізу впливу агрофакторів на врожайність, прогнозування результатів сільськогосподарського виробництва, прийняття обґрунтованих управлінських рішень, оптимізації використання ресурсів та підвищення ефективності виробничих процесів.

Ключові слова: інформаційна система, аграрні дані, кластеризація, регресія, агрофактори, аналіз даних.

SUMMARY

Serhiyenko V.Yu. Development of an Information System for Analyzing the Impact of Agronomic Factors on Crop Yield Using Clustering and Regression Methods Qualification Thesis in the specialty 126 "Information Systems and Technologies", Educational Program "Information Systems and Technologies", SNAU, Sumy – 2025. – Manuscript.

The qualification thesis is devoted to the study of current issues related to the development of an information system for analyzing the impact of agronomic factors on crop yield using clustering and regression methods. The paper presents an analysis of problems associated with the absence of such a system and provides a rationale for promising ways to improve the collection and analysis of agronomic data.

The relevance of the topic is determined by the growing global demand for food products and the increasing impact of climate change on agriculture. This requires agricultural enterprises to transition to precision farming, which is based on big data analysis and the development of mathematical models to assess the influence of various factors on yield. The development of such a system using clustering and regression methods is a relevant task, as it not only improves the accuracy of yield forecasts but also optimizes resource usage and enhances the economic efficiency of the enterprise.

The main objectives of the research include: analysis of the subject area; development of an information system for analyzing the influence of agronomic factors on crop yield and justification of the selected software tools; and creation of a software product for applying clustering and regression algorithms at the enterprise LLC "Druzhba Nova".

The research results will contribute to the implementation of precision farming based on big data analysis, increased yields through data-driven agronomic decisions, optimized resource use, automation of data collection and processing, and improved economic performance of agricultural enterprises.

The developed information technology can be used by agronomic enterprises to analyze the impact of agronomic factors on yield, forecast agricultural production outcomes, support informed management decisions, optimize resource usage, and improve production efficiency.

Keywords: information system, agricultural data, clustering, regression, agronomic factors, data analysis.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1. Огляд останніх досліджень і публікацій	9
1.2. Програмні засоби для аналізу врожайності в ІС	12
1.3. Методи аналізу врожайності.....	18
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ АГРОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ	22
2.1. Характеристика підприємства ТОВ «Дружба Нова»	22
2.2. Постановка задачі та визначення мети.....	24
2.3. Обґрунтування вибору технологій для реалізації інформаційної системи	29
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	31
3.1. Архітектура та програмне забезпечення інформаційної системи	31
3.2. Проектування моделі бази даних.....	33
3.3. Практична реалізація методів кластеризації і регресії.....	36
3.4. Розробка веб-інтерфейсу для візуалізації результатів агроаналітики.....	39
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІС.....	42
4.1. Практична побудова ІТ-проєкту.....	42
4.2. Техніко-економічне обґрунтування розробки автоматизованої підсистеми	46
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТКИ.....	57

ВСТУП

Зростання світових потреб у продуктах та посилення впливу кліматичних змін на сільське господарство вимагають переходу аграрних підприємства до точного землеробства, яке базується на аналізі великих даних та побудові математичних моделей для оцінки впливу різних факторів на врожайність. Інформаційні масиви, що включають як структуровані, так і неструктуровані дані, обсяг яких настільки значний, що стандартні методи обробки та аналізу, зокрема традиційні системи бізнес-аналітики та класичні СУБД, стають неефективними або взагалі незастосовними. Тому ІС, які дозволяють оброблювати інформаційні масиви, аналізувати, прогнозувати тенденції розвитку певних складових є актуальними. Серед алгоритмів аналізу великих масивів даних набули широкого поширення алгоритми кластеризації та регресії. Ці методи активно застосовуються у різних галузях народного господарства через свою зручність, універсальність та можливість автоматизації.

ТОВ «Дружба Нова» як одне з провідних аграрних підприємств України активно впроваджує новітні технології у виробничі процеси. Його інформаційна структура включає комплекс програмного забезпечення і супроводу. Проте для ефективного управління виробництвом потребує удосконалення інформаційна система, яка дозволить обробляти та аналізувати дані, отримані з полів, та на їх основі формувати прогнози й рекомендації для агрономів.

Розробка такої системи з використанням методів кластеризації та регресії є актуальною задачею, оскільки дозволить не лише підвищити точність прогнозів врожайності, але й оптимізувати використання ресурсів та підвищити економічну ефективність підприємства.

Об'єктом дослідження є коло інформаційних систем агрономічних підприємств.

Предмет дослідження - процес проектування і розробки ІС для підприємства ТОВ «Дружба Нова»

Метою роботи є проектування і розробка ІС, яка дозволить аналізувати вплив агрономічних факторів на врожайність сільськогосподарських культур

Для вирішення завдання були поставлені наступні задачі:

- Проаналізувати предметну область;
- Розробити ІС для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність і обґрунтувати вибір програмного забезпечення;
- Розробити програмний продукт для застосування алгоритмів кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова»

Апробація результатів дослідження. Наукові здобутки науково-дослідної роботи були представлені на науково-практичних конференціях: науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (18-22 листопада 2024 р.); науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-18 квітня 2025 р.).

1. Сергієнко В.Ю. Методи кластеризації та регресії у аналізі врожайності. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (25-28 квітня 2024 р.). – Суми, 2024. С.432.

2. Сергієнко В.Ю. Реалізація алгоритмів кластеризації та регресії для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-18 квітня 2025 р.). – Суми, 2025. С.312.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розробленої ІС на агрономічних підприємствах для аналізу агрономічних даних.

Структура і обсяг магістерської роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, а також списку використаних джерел, що нараховує 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 75 сторінок. Робота містить 6 таблиць, 9 рисунків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд останніх досліджень і публікацій

Український агробізнес, як і світова агроспільнота, активно впроваджує сучасні ІТ-рішення та технології у агрономічну сферу для підвищення продуктивності, якості врожайності, контролю та управлінню агрономічними процесами. Чисельна кількість наукових праць, присвячених дослідженню ефективності ІС в сільському господарстві підтверджують таке твердження.

Серед іноземних доробків акцентуємо увагу на праці групи авторів [3], які розглядають розробку ефективного сховища даних для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур, використовуючи сучасні інформаційні та комунікаційні технології. Вчені наголошують, що до головних ресурсів агробізнесу, як-то земля, праця, техніка, будівлі, сорти культур та породи тварин додається важливий ресурс – інформація. Вчасний і грамотний аналіз даних сьогодні стає одним із ключових чинників успішного та конкурентного агробізнесу, а інформаційні системи, що призначені для аналітики стають значущою складовою агросистеми.

Інноваційну масштабовану систему машинного навчання для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур до початку сезону, без використання даних NDVI пропонують для впровадження Канха Р та інші [11].

Інформаційна система для сталого управління агроєкосистемами, яка використовує методологію індикаторів сталості в агроєкосистемах (ISA) та застосовує техніки обробки даних для оцінки рівня сталості сільськогосподарських підприємств досліджується групою вчених [12]. Вчені обґрунтовують впровадження ІС так: у агробізнесі накопичуються величезні масиви даних, які аграріям фізично складно обробляти та аналізувати. Водночас ці дані мають значну цінність — за умови правильного використання вони можуть приносити суттєвий економічний ефект. Тому в сільське господарство активно впроваджуються

технології Big Data, які дозволяють підвищувати і аналізувати ефективність і врожайність

Автоматизовану систему зрошення, що базується на штучному інтелекті та Інтернеті речей (IoT) описують індійські вчені в [8] ІС призначена для підвищення ефективності використання водних ресурсів у сільському господарстві, аналітика великих даних в ІС використовується для оптимізації виробничих процесів та зростання прибутковості.

Українськими вченими досліджені ІС в АПК (Зелінська О. В., Говоруха В. Р.[5]), ІС в точному землеробстві (Волосюк Ю.В., Кузьома В.В. та інші [9]), в аграрному підприємстві (Харченко В. [8]).

Значна кількість наукових праць присвячена ІС, які дозволяють застосовувати аналітичні методи у агробізнесі. Серед них обліково-аналітичні системи (ОАС) (Кащена Н. [6], Лень В. [7]), інформаційні кластери (Соколенко С.І. [9]),

У наукових працях [5], [9] йдеться про роль даних, їх постійного зростання і методів їх аналітики. Дані є основою для аналітики та прогнозування, постійний потік інформації з різних джерел — Інтернету, соціальних мереж, датчиків та сенсорів — створює нові вимоги для зберігання, обробки та аналізу даних [3]. Тому інформаційні системи для аналізу врожайності мають бути такими технологічними платформами, які допомагають працівникам агрономічної сфери збирати, аналізувати та прогнозувати врожайність сільськогосподарських культур на основі даних із різних джерел: супутникових знімків, метеорологічних даних, сенсорів у полі, дронів тощо.

Відомими іноземними ІС вважають John Deere Operations Center , платформа для управління технікою, планування робіт та аналізу врожайності; Trimble Ag Software – програма, яка пропонує агрономічний аналіз, картографування полів, управління технікою та диференційоване внесення добрив; Climate FieldView (система для аналізу погодних даних, супутникових знімків та оцінки стану посівів).

Серед українських ІС поширеною є «Soft.Farm» призначена для комплексного управління сільськогосподарськими підприємствами, що займаються рослинництвом та тваринництвом. Вона надає інструменти для планування, обліку та аналізу діяльності, сприяючи впровадженню практик точного землеробства та підвищенню врожайності.

В рослинництві «Soft.Farm» призначена для виконання таких завдань:

- Картографування - створення карт полів, ґрунтів та врожайності.
- Агротехнології - планування та контроль агротехнічних заходів.
- GPS-моніторинг - відстеження техніки в реальному часі.
- Супутникові дані та індекс NDVI - моніторинг стану рослинності.
- Агроскаутинг - збір та аналіз даних про стан посівів.
- Застосування карт: впровадження технологій диференційованого внесення добрив та засобів захисту рослин.
- Фінансовий менеджмент - управління фінансами та аналіз витрат.
- Метеодані - аналіз поточних та минулих погодних умов для оцінки їх впливу на врожайність.

Soft.Farm – інформаційна система сучасної агрономії



Рисунок 1.1 – Перелік завдань, що реалізуються в ІС Soft.Farm

Джерело: [7]

Автор [7] позитивно ставиться до українських ІС. Таких як AgriChain і Cropio. AgriChain – платформа для комплексного управління агробізнесом, включає модулі з управління земельним банком, логістикою, виробництвом і фінансами. Cropio – система моніторингу полів, супутникового аналізу, контролю

агрооперацій та ведення агрономічного обліку. Автор зазначає, що вибір системи залежить від потреб підприємства: якщо потрібно детальне супутникове спостереження – Cropio, для комплексного агробізнес-управління – Soft.Farm чи AgriChain.

Отже, сучасний ринок ІТ-продуктів дозволяє задовольняти потреби агрономічного сектору і завданнях аналізу, обробки, збору і зберігання даних. Значна кількість вчених-аграріїв і фахівців ІТ-сфери працюють у напрямку сумісного створення і впровадження ІС для вказаних завдань.

1.2. Програмні засоби для аналізу врожайності в ІС

Для аналізу врожайності на ринку агрономічного сектору представлений широкий спектр цифрових платформ. Серед них платформи традиційні і усталені табличні процесори (Microsoft Excel / Google Таблиці, IBM SPSS / Stata), а також сервіси KNIME, Orange, WEKA та інші. Вибір конкретного інструменту залежить від типу і обсягу даних, цілей аналізу, вимог користувача, а також вартості та функціональних можливостей програмного забезпечення (рис.1.2.).

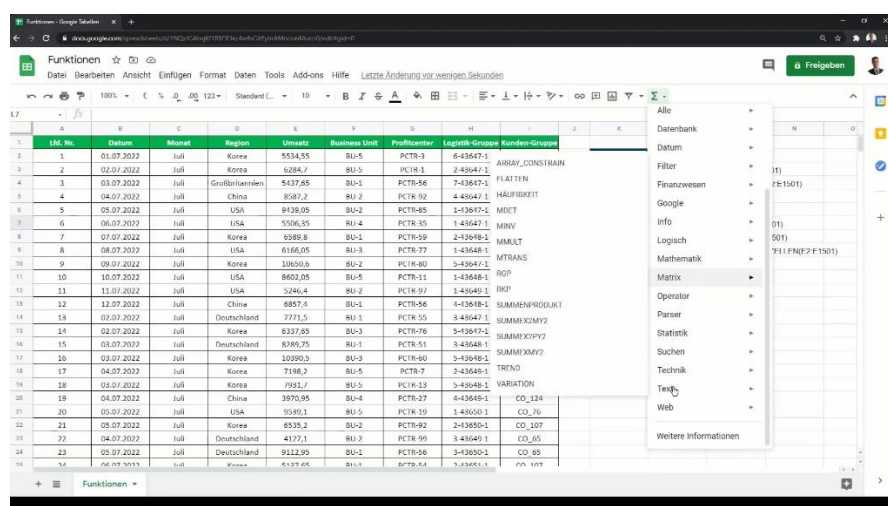


Рисунок 1.2. – Середовище програмного засобу Microsoft Excel

Джерело: [7]

Microsoft Excel / Google Таблиці – найпоширеніша програма, яка незамінна при базовому аналізі (середні значення, тренди). Втім, незважаючи на популярність і універсальність, роботи з великими масивами, які щодня оновлюються є проблематичною.

Глибокий статистичний аналіз дозволяє проводити програма від компанії IBM SPSS / Stata. Програма існує на ринку IT вже більше 10 років і за цей час заслужила репутацію надійного і універсального програмного засобу (рис.1.3.)

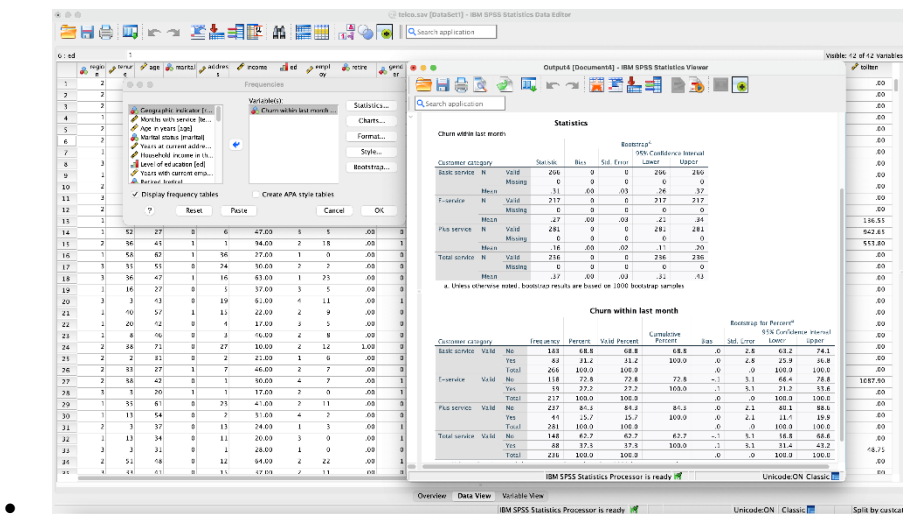


Рисунок 1.3. – Середовище програми програма IBM SPSS / Stata

Джерело: [7]

Залежно від масштабів системи та типу даних, програмне забезпечення може створюватися на основі мови програмування Python. Через простоту, гнучкість і широкий спектр застосування Python вбудований у більшість сервісів, зокрема фреймворки Django, Flask (рис.1.4.)

Для працівників агрономічної сфери особливо важливими є відкритість коду, зручність у використанні та наочність. Саме ці переваги поєднує у собі платформа Orange Data Mining, розроблена у Люблянському університеті (Словенія) в лабораторії біоінформатики [10].

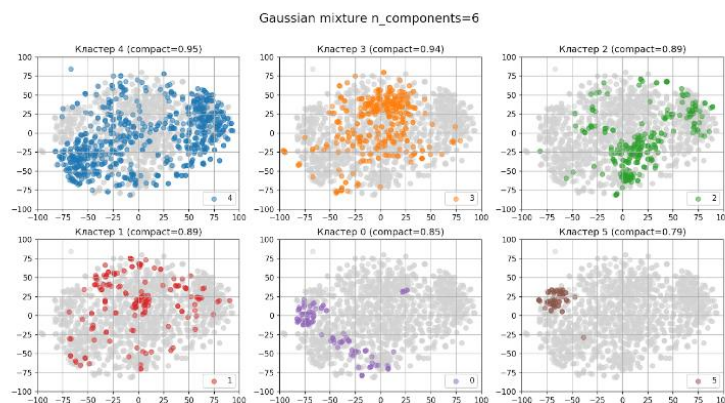


Рисунок 1.4. – Середовище фреймворку Django
Джерело: [7]

Цифровий інструмент Orange призначено для візуальної аналітики та роботи з даними. Він містить аналітичні інструменти та методи машинного навчання. Його основна мета – зробити складні методи аналізу доступними для користувачів без глибоких знань у програмуванні чи статистиці. Orange побудований на базі мови програмування Python, що дозволяє комбінувати візуальне програмування з написанням власного коду для реалізації складніших аналітичних сценаріїв. Також Orange може працювати як бібліотека в Python, що дає змогу імпортувати його функціональність безпосередньо у власні Python-проекти [9].

Інтерфейс Orange має вигляд полотна (Canvas), на яке користувач розміщує віджети (окремні модулі, що виконують певні функції у межах робочого процесу), будуючи логічний ланцюжок для аналізу даних. Основні вбудовані категорії віджетів: Data – завантаження, фільтрація та обробка даних, доступ до навчальних наборів; Transform – перетворення таблиць з даними, Visualize – інструменти для візуалізації одновимірних та багатовимірних даних, Evaluate – методи оцінки моделей, Model – алгоритми аналізу даних; Unsupervised – машинне навчання.

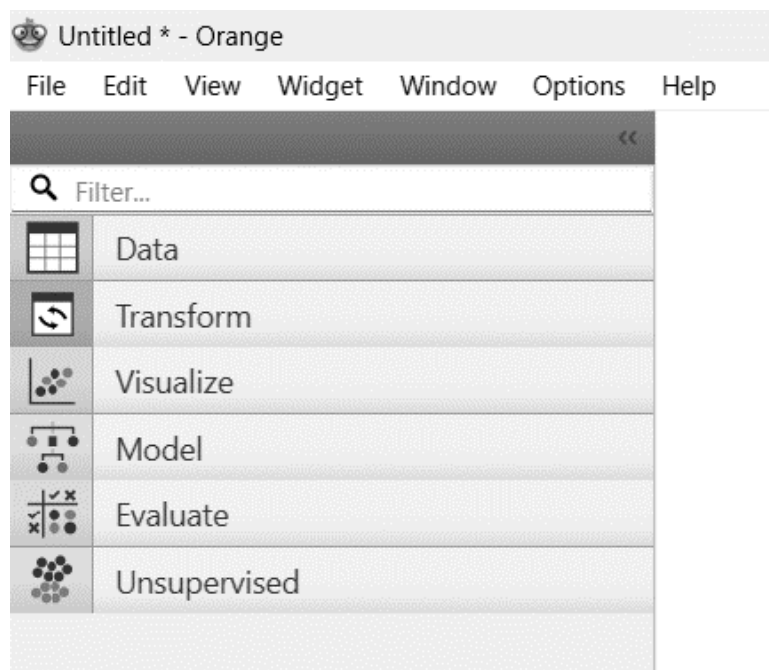


Рис. 1. 5. – Модулі платформи Orange Data Mining

Джерело: авторська розробка

У разі потреби до платформи Orange можуть бути додані додаткові віджети для аналізу даних, зокрема Associate, Image Analytics, Network, Text Mining, Time Series та інші [9, 10]. Користувач має змогу інтерактивно працювати з візуалізаціями, а також поєднувати вибрані дані між різними віджетами.

Аналіз супутникових знімків та індексів NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс) застосовується для оцінки стану посівів і можливий при використанні сервісу Google Earth Engine (обробка супутникових знімків онлайн), програми QGIS + Sentinel Plugin (аналіз індексів NDVI) та платформи для моніторингу посівів у режимі реального часу EOS Crop Monitoring

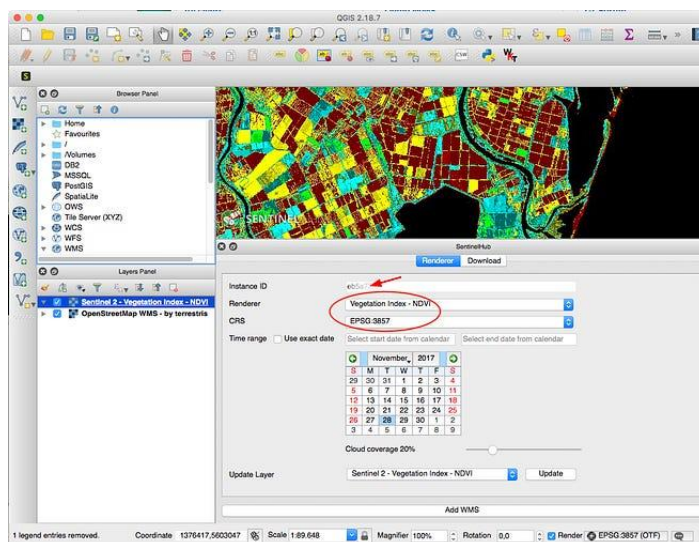


Рисунок 1.6. – EOS Crop Monitoring

Джерело: [5]

Для просторового аналізу врожайності застосовуються геоінформаційні системи (ГІС). Вони створюють карти врожайності на основі GPS-даних та історичних показників, здійснюють аналіз розподілу продуктивності полів у просторі. Програмне забезпечення, що дозволяє реалізовувати цей метод – програма QGIS + PostGIS – для аналізу геопросторових даних, а також онлайн-система для моніторингу врожайності FarmLogs

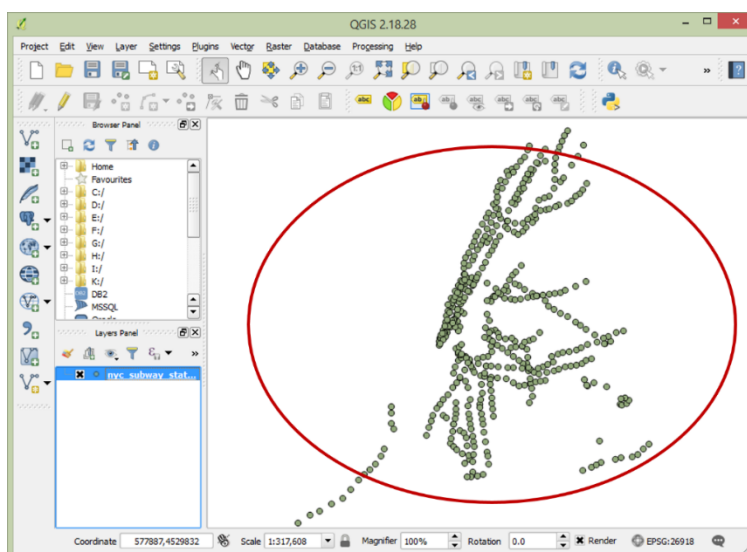


Рисунок 1.7. – EOS Crop Monitoring

Джерело: [7]

Згрупуємо наведені програмні засоби в таблиці для узагальнення і підведення підсумків щодо їх використання.

Таблиця 1.1. – Програмні засоби для агрономічного сектору

Завдання	Призначення	Програми
Загальний статистичний аналіз	Середні значення, варіація	Excel, SPSS
Прогнозування врожайності	Регресія (лінійна, нелінійна)	Orange, Python, SPSS
Оптимізація догляду за полями	Кластеризація	Orange, Python, QGIS
Оцінка стану посівів	NDVI, супутникові знімки	Google Earth Engine, QGIS
Геопросторовий аналіз врожайності	ГІС-аналіз	QGIS, ArcGIS, OneSoil
Машинне навчання для складних прогнозів	Нейромережі	TensorFlow, Google AutoML

Джерело: [Розроблено автором]

Для інтеграції зазначених програм з веб-застосунками використовується комбінований підхід, що поєднує сильні сторони програм аналітики з сучасними веб-технологіями. Це дозволяє створити зручний інструмент для користувачів, який забезпечує ефективний збір, обробку та візуалізацію даних, а також надає інтуїтивний веб-інтерфейс для введення інформації та перегляду результатів.

Прикладами такого поєднання можуть бути:

Веб-додаток на React з інтеграцією Orange через Python API. React забезпечує сучасний інтерфейс для користувача, а Orange виконує аналітичну обробку даних. Для відстеження дій користувачів у додатку застосовують бібліотеки, як-от react-ga для Google Analytics [6]

Веб-додаток на Angular з використанням аналітичних сервісів і баз даних MySQL. Angular відповідає за динамічний інтерфейс, а аналітика виконується окремими сервісами, які можна інтегрувати через API або робочі процеси (наприклад, Azure Logic Apps) [11].

Node-RED або Appy Pie як платформи для створення веб-інтерфейсів, що через API підключаються до Orange для аналізу даних. Node-RED дозволяє автоматизувати передачу даних між веб-формами і аналітичними модулями, а Appy Pie - швидко створити користувацький інтерфейс без програмування [4].

Такий комбінований підхід дає змогу поєднати потужність аналітичних інструментів із зручністю веб-доступу, що особливо важливо для аграріїв, які потребують простих і надійних рішень для аналізу врожайності.

1.3. Методи аналізу врожайності

Методи статистичного аналізу врожайності дозволяють здійснювати обчислення середньої врожайності, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації, аналіз історичних даних для виявлення закономірностей.

Визначимо основні методи аналізу врожайності:

- Статистичний аналіз
- Регресійний аналіз
- Кластеризація полів за характеристиками
- Аналіз супутникових знімків та індексів NDVI
- Геоінформаційні системи (ГІС) для просторового аналізу врожайності
- Машинне навчання для прогнозування врожайності

Для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність у рамках існуючих ІС найчастіше використовуються два основні методи – кластеризація та регресія.

Кластеризація призначена для групування об'єктів за схожими характеристиками. В агрономії, наприклад, метод кластеризації дозволяє розділити всі поля на групи (кластери), які мають схожі агрономічні умови (наприклад,

вологість ґрунту, температуру, тип добрив). Це допомагає порівнювати врожайність у подібних умовах і виявляти групи з найбільшою продуктивністю.

Кластеризація дозволяє визначити типові групи полів, що мають схожі агрокліматичні умови та агротехнічні прийоми і створює основу для подальшого регресійного аналізу окремо в кожному кластері.

Для кожного поля або ділянки виділяється набір агрономічних факторів: вологість ґрунту, вміст азоту, фосфору та калію, температура повітря, кількість опадів, густина посівів, використані добрива тощо. Саме ці фактори виступають пояснювальними змінними у майбутніх моделях.

Кластеризація агрономічних об'єктів відбувається за такими алгоритмами:

K-means — для групування ділянок з подібними агрофакторами.

DBSCAN — для виявлення природних груп у просторі даних.

Ієрархічна кластеризація — для побудови дерева подібності ділянок.

Програмне забезпечення доповнюється зручними засобами візуалізації результатів у вигляді карт продуктивності, діаграм залежностей, прогнозів та рекомендацій. Це допомагає агрономам оперативно приймати рішення щодо корекції технологічних процесів.

Програмні засоби для проведення кластеризації - Orange Data Mining – візуальний кластерний аналіз (k-Means, DBSCAN), Python (scikit-learn) – для точного налаштування кластеризації, QGIS / ArcGIS – кластерний аналіз на географічних картах.

Регресійний аналіз дозволяє здійснити прогнозування врожайності, визначення залежності врожайності від агрономічних факторів вологість, склад ґрунту, опади тощо, побудувати лінійну або нелінійну регресійну модель для прогнозування майбутніх показників.

Лінійна регресія - це зв'язок між двома різними ознаками залежною і незалежною, алгоритм, який використовується для прогнозування або візуалізації даних [8].

Множинна регресія характеризує одночасний вплив на залежну змінну кількох факторів [9].

Поліноміальна регресія - форма регресійного аналізу, в якій залежність між незалежною змінною і залежною змінною у моделюється як поліном від x ступеню n [8].

Регресійні моделі дозволяють отримати прогнозні оцінки врожайності на основі фактичних даних за минулі періоди та поточні агрономічні показники.

Візуалізація результатів. Після виконання кластеризації та регресії результати відображаються у веб-інтерфейсі інформаційної системи у вигляді таблиці зі списком полів, кластерів та основних показників; графіків залежності врожайності від агрономічних факторів; карт із кольоровими зонами кластерів.

Сучасні інформаційні системи, призначені для моніторингу та аналізу врожайності сільськогосподарських культур, широко використовують методи машинного навчання, зокрема кластеризацію та регресійний аналіз. Побудова програмного забезпечення для таких задач вимагає комплексного підходу, що поєднує моделювання агрономічних процесів, обробку великих масивів даних та застосування ефективних алгоритмів аналізу даних.

Процес побудови такого програмного забезпечення включає кілька ключових етапів:

Збір та попередня обробка даних. Джерелами даних можуть бути супутникові знімки, метеорологічні дані, інформація про склад ґрунтів, агротехнічні заходи тощо. Важливим етапом є очищення даних та усунення пропусків, а також нормалізація показників для уніфікації форматів.

Моніторинг та аналіз врожайності. Як було обґрунтовано у попередньому розділі, аналіз врожайності є ключовим завданням аграрних інформаційних систем. Він допомагає виявити фактори, що впливають на продуктивність полів, оптимізувати ресурси та прогнозувати майбутню врожайність. Розробка алгоритмів і логіки роботи програми. Формується основна логіка обробки даних, алгоритми машинного навчання або статистичного аналізу, які будуть застосовані до зібраних даних.

Проектування інтерфейсу користувача та архітектури системи. Визначається, як користувачі взаємодітимуть з додатком, створюються

макети і технічні специфікації, а також обирається структура програмного забезпечення.

Реалізація (програмування). На цьому етапі відбувається написання коду веб-додатку та інтеграція з аналітичними інструментами (наприклад, через API Orange), а також налаштування бази даних для зберігання інформації.

Тестування. Перевіряється правильність роботи всіх компонентів системи, коректність аналізу та відображення даних, а також зручність користувацького інтерфейсу.

Розгортання і впровадження. Готовий продукт встановлюється на сервери або хмарні платформи, стає доступним для кінцевих користувачів.

Обслуговування і підтримка. Проводиться виправлення помилок, оновлення функціоналу та адаптація системи до нових вимог.

Такий послідовний підхід забезпечує створення якісного, надійного та зручного програмного забезпечення для аграріїв, що поєднує збір даних, їх аналіз і прийняття ефективних рішень

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ АГРОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ

2.1 Характеристика підприємства ТОВ «Дружба Нова»

ТОВ «Дружба Нова» – одне з найбільших аграрних підприємств України, яке входить до складу агрохолдингу "Кернел". Компанія займається інтенсивним рослинництвом. Основні види діяльності:

01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур

01.19 Вирощування інших однорічних і дворічних культур

У ТОВ «Дружба Нова» використовуються сучасні технології для підвищення продуктивності. Серед них GPS-навігації та автоматизованих посівних комплексів, моніторинг стану полів за допомогою супутникових знімків, моніторинг стану посівів та екологічна сталість.

ТОВ «Дружба Нова» - це великий агропромисловий комплекс, тому сукупність програмного забезпечення достатньо різноманітна. Серед ПЗ: системи управління ресурсами підприємства (ERP - Enterprise Resource Planning), призначені для інтегрованого управління основними бізнес-процесами, такими як фінанси, бухгалтерський облік, управління запасами, закупівлі, продажі, виробництво (включаючи рослинництво та тваринництво), управління персоналом. Використовується Microsoft Dynamics 365.

Програмне забезпечення для управління сільськогосподарським виробництвом - системи точного землеробства для збору та аналізу даних з полів (включаючи дані GPS, датчиків, дронів), планування посівів, диференційованого внесення добрив та засобів захисту рослин, управління агротехнічними операціями; програми обліку в рослинництві - для ведення обліку посівів, урожайності, використання насіння, добрив, ЗЗР тощо; програми обліку в тваринництві для ведення обліку поголів'я, вакцинацій, годівлі, продуктивності, ветеринарних заходів; системи управління сільськогосподарською технікою для

моніторингу місцезнаходження, стану та використання сільськогосподарської техніки; системи управління ланцюгами поставок (SCM - Supply Chain Management) для управління закупівлями матеріалів (насіння, добрива, корми тощо), логістикою, транспортуванням та складським господарством; системи управління взаємовідносинами з клієнтами для управління відносинами з покупцями сільськогосподарської продукції, постачальниками та іншими контрагентами.

Згрупуємо ПЗ ТОВ «Дружба Нова» за категоріями:

Офісне програмне забезпечення: операційна система Windows, офісні пакети (Microsoft Office, Google Workspace,) для роботи з документами, електронними таблицями, презентаціями та електронною поштою.

Програмне забезпечення для комунікації та співпраці: системи електронної пошти, месенджери, системи відеоконференцій (Zoom).

Програмне забезпечення для інформаційної безпеки: антивірусне програмне забезпечення, брандмауери (програмні та апаратні), системи виявлення та запобігання вторгненням (IDS/IPS), засоби шифрування даних.

Програмне забезпечення для роботи з даними GPS/GNSS: Ag Software, John Deere Operations Center. Ці платформи дозволяють обробляти дані з GPS-приймачів, створювати карти врожайності, карти диференційованого внесення добрив та ЗЗР, контролювати роботу техніки в режимі реального часу.

Геоінформаційні системи (ГІС): QGIS, MapInfo. Використовуються для створення та аналізу геопросторових даних, управління земельним банком, картографування полів, аналізу ґрунтових карт, планування маршрутів техніки.

Системи метеомоніторингу та прогнозування: MeteoFarm, WeatherLink, інтеграція з різними метеорологічними сервісами. Дозволяють отримувати дані про поточні погодні умови, прогнозувати погоду, відстежувати агрометеорологічні показники, приймати рішення щодо термінів проведення польових робіт.

Бухгалтерські програми та системи управління ресурсами підприємства (ERP): BAS АГРО, Microsoft Dynamics 365. Використовуються для ведення

бухгалтерського обліку, управління фінансами, закупівлями, продажами та іншими бізнес-процесами. Часто мають спеціалізовані модулі для сільського господарства.

Втім інформаційні системи, що включають Big Data, зокрема, аналітичні платформи для прогнозування врожайності і аналіз агрофакторів за допомогою машинного навчання (кластеризація та регресія) не використовуються.

У підтвердження такої думки нами було проведено опитування працівників ТОВ «Дружба Нова», яке дозволило з'ясувати стан аналітичної роботи, її особливості та потреби у аналітичних сервісах. Кількість опитаних – 13. Респонденти зазначили, що у повсякденній роботі вони аналізують такі дані: врожайність, стан ґрунту, погодні умови, кількість та якість добрив, фінансові показники та інше. Дані для аналізу збираються щодня, але здебільшого аналітика не проводиться або проводиться за допомогою офісних програм без застосування спеціалізованих сервісів (69 %). На запитання «Як би Ви оцінили поточний рівень цифровізації вашого господарства?» (1 – повністю ручний збір даних, 5 – повна автоматизація) середня оцінка склала 3,3 бали. Водночас, майже 100 % працівників агросфери зазначили, що потребують цифрових аналітичних інструментів і додаткових знань та навичок у їх застосуванні.

Тому доцільним буде розробити інформаційну систему для аналітичної роботи, які дозволить аналізувати вплив агрономічних факторів на врожайність, виконувати кластеризацію полів за агрохімічними характеристиками, будувати регресійні моделі для прогнозування врожайності та візуалізувати результати у вигляді карт, графіків та звітів

2.2. Постановка задачі та визначення мети

Метою проекту є розробка оптимальної і універсальної інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова».

Завдання інформаційної системи:

- Зменшення часу на ІС має забезпечити зручне завантаження даних із різних джерел (дані про ґрунт (вологість, склад поживних речовин), погодні умови (температура, опади, вологість повітря), агротехнічні заходи (внесення добрив, сівозміна), фактична врожайність полів).

- Кластеризація полів. Передбачає кластеризацію полів за агрономічними характеристиками (вміст азоту та фосфору, рівень вологи тощо), оптимізацію підходів до агрономічних заходів (внесення добрив, обробка ґрунтів)

- Регресійний аналіз для прогнозування врожайності. Включає визначення залежності врожайності від агрофакторів на основі регресійних моделей та побудову прогнозу на майбутні сезони з урахуванням змін у погодних умовах та агротехніці.

- Візуалізація результатів аналізу (побудова інтерактивних графіків, діаграм та карт для зручного сприйняття результатів, Відображення кластеризованих полів на карті для прийняття рішень щодо їх обробки).

- Автоматичне формування аналітичних звітів про продуктивність полів та прийняття рішень на основі регресійного та кластерного аналізу.

- Розробка веб-застосунку для відображення результатів. Інтеграція всіх аналітичних інструментів в єдиний веб-інтерфейс і відображення всіх даних, кластеризації, прогнозів та аналітичних звітів у зручному форматі. Призначення кожного завдання сформульовано у таблиці 2.1.

Запропонована інформаційна система дозволить ТОВ «Дружба Нова» знизити витрати на добрива та воду через точний аналіз, збільшити врожайність за рахунок оптимального управління, а також приймати обґрунтовані рішення на основі прогнозів.

Для автоматизованого збору та обробки агроданих у господарстві використовується база даних MySQL. До неї заносяться ключові показники — характеристики ґрунтів, метеодані, врожайність, записи про агротехнічні заходи. Вебдодаток дозволяє агрономам легко вводити ці дані через зручну форму або

імпортувати їх із зовнішніх файлів (наприклад, CSV або Excel). Це значно скорочує час на ручне введення та знижує ймовірність помилок.

Кластеризація полів за агрофакторами здійснюється за допомогою Orange Data Mining. Дані з MySQL експортуються до Orange, де за алгоритмами кластеризації (наприклад, k-means) поля групуються за подібними характеристиками — pH, вологістю, типом ґрунту, рівнем урожайності тощо. Після аналізу результати кластеризації повертаються у базу та використовуються для прийняття рішень щодо диференційованого внесення добрив чи обробки.

Регресійний аналіз у Orange дозволяє встановити зв'язки між агрофакторами та врожайністю. Створюються моделі (лінійна регресія, дерева рішень тощо), які дозволяють прогнозувати очікувану врожайність за заданих умов. Це допомагає виявити найвпливовіші фактори на врожайність, а також оптимізувати витрати. Прогнозні дані зберігаються в MySQL і можуть бути використані повторно в наступних сезонах.

Візуалізація результатів здійснюється через вебдодаток, який використовує графічні бібліотеки (наприклад, Chart.js або Plotly) для побудови графіків, діаграм і карт. Це дозволяє агрономам і керівництву швидко оцінювати ситуацію, виявляти закономірності та приймати обґрунтовані рішення без потреби в глибокому аналізі сирих даних.

Автоматичне формування звітів для керівництва відбувається на основі даних у MySQL. Система формує узагальнені звіти — щодо стану полів, середньої врожайності, рекомендованих агрозасобів, прогнозів на наступний сезон. Ці звіти можуть експортуватися у форматах PDF або Excel та містять візуалізації і висновки, згенеровані на основі результатів аналізу.

Весь функціонал об'єднаний у єдиний вебзастосунок, який надає доступ до даних, аналітичних результатів, візуалізацій та звітів. Це забезпечує зручний доступ як агрономам, так і адміністрації, дозволяючи централізовано керувати агроінформацією та аналітикою без складних програм чи спеціального навчання.

Таблиця 2.1. – Опис і призначення сформульованих завдань

№	Завдання	Опис	Призначення
1	Автоматизований збір та обробка агроданих	Завантаження даних про ґрунт, погоду, врожайність, агротехнічні заходи.	Швидкий доступ до точних агроданих, зменшення ручного введення.
2	Кластеризація полів за агрофакторами	Групування полів за подібними агрофакторами для ефективного управління.	Оптимізація внесення добрив та обробки ґрунту.
3	Регресійний аналіз для прогнозування врожайності	Визначення залежності врожайності від агрофакторів, прогнозування майбутніх показників.	Визначення ключових факторів впливу на врожайність, зниження витрат.
4	Візуалізація результатів аналізу	Побудова графіків, карт та діаграм для наочного аналізу.	Краще розуміння взаємозв'язків між агрофакторами.
5	Автоматичне формування звітів для керівництва	Створення звітів із рекомендаціями щодо оптимізації агротехнічних заходів.	Прийняття рішень на основі автоматичних звітів та прогнозів.
	Розробка веб-застосунку для відображення результатів.	Інтеграція всіх аналітичних інструментів в єдиний веб-інтерфейс.	Відображення всіх даних, кластеризації, прогнозів та аналітичних звітів у зручному форматі.

Джерело: [Розроблено автором]

2.3. Обґрунтування вибору технологій для реалізації інформаційної системи

При розробці інформаційної системи для аналізу врожайності особливу увагу було приділено вибору технологій, які забезпечать ефективну обробку даних, зручність користування та можливість подальшого розвитку системи. Основними критеріями вибору стали простота інтеграції, доступність для користувачів без спеціальних технічних знань, а також потужність аналітичних інструментів.

Для аналітичної частини було обрано програмне забезпечення Orange, яке відоме своєю зручністю у візуальному моделюванні процесів аналізу даних та підтримкою алгоритмів машинного навчання. Orange дозволяє швидко створювати

робочі процеси для кластеризації, прогнозування та візуалізації результатів, що є важливим для аграріїв при прийнятті рішень.

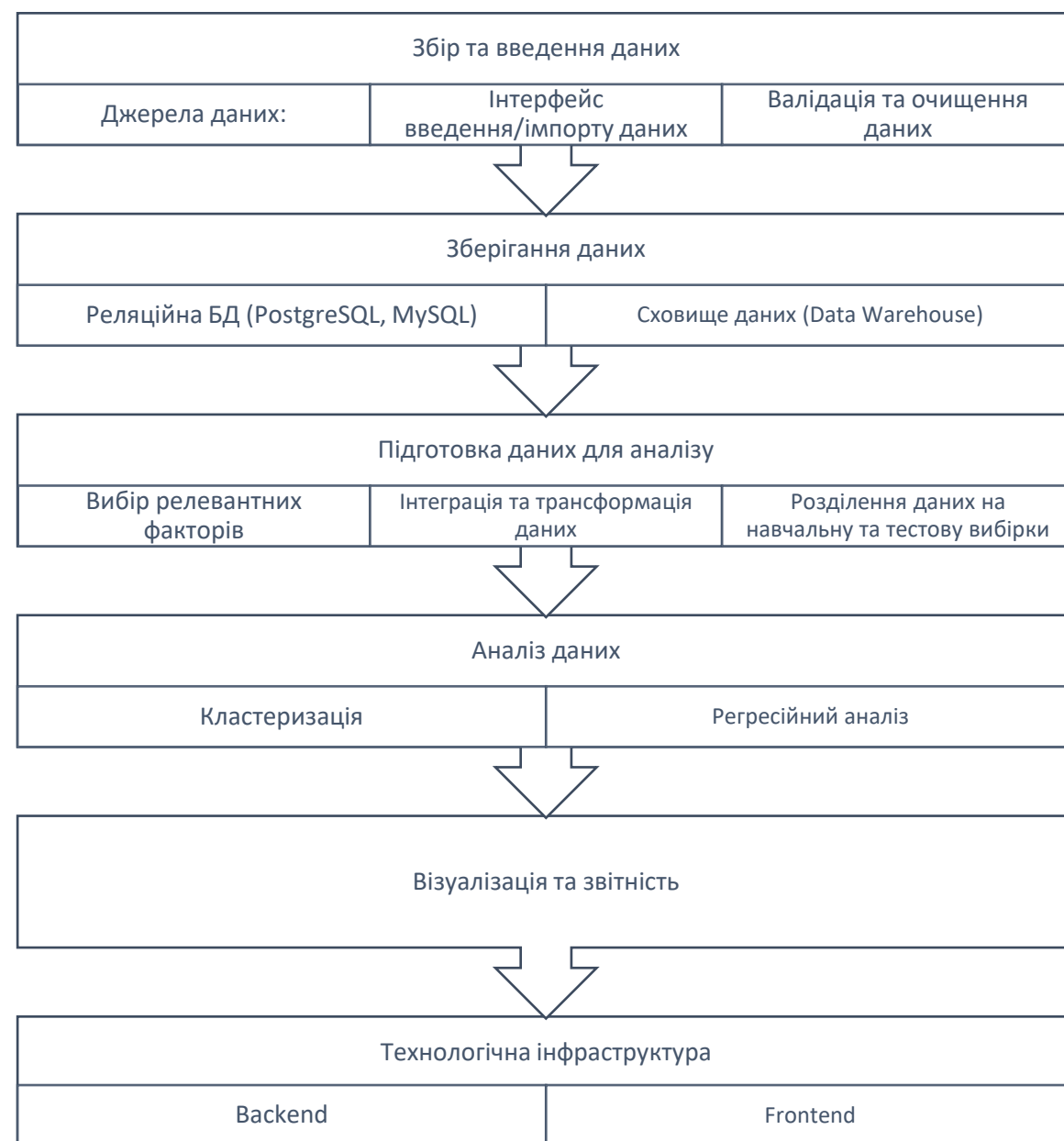


Рис.2.1. - Технології для реалізації інформаційної системи

Джерело: [Розроблено автором]

Для створення веб-інтерфейсу було обрано платформу Appy Pie, яка дозволяє розробити інтуїтивно зрозумілий додаток для введення та перегляду даних. Використання Appy Pie забезпечує швидку реалізацію користувацького інтерфейсу

з можливістю інтеграції з базами даних, зокрема MySQL, що відповідає вимогам збереження та обробки великої кількості інформації (рис.2.1.).

Такий вибір технологій дозволяє поєднати потужні аналітичні можливості з простотою доступу через веб-додаток, що робить систему зручною та ефективною для кінцевих користувачів - аграріїв.

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Архітектура та програмне забезпечення інформаційної системи

Інформаційна система для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність для підприємства ТОВ «Дружба Нова» є комплексним програмним продуктом, який поєднує засоби збору, зберігання, обробки даних, математичного аналізу та візуалізації результатів для прийняття агротехнічних рішень. Архітектура системи будується за принципами модульності, що забезпечує її гнучкість, масштабованість та простоту розширення у майбутньому.

Визначимо основні компоненти ІС:

Модуль збору даних. Цей модуль відповідає за прийом і первинну обробку агрономічних даних, які можуть надходити з результатів польових досліджень (вологість ґрунту, вміст поживних речовин, густина посівів); метеорологічних даних (опадів, температура, вітрові навантаження); супутникових даних або даних з БПЛА (NDVI, карти продуктивності); історичних показників врожайності за попередні роки.

Сховище даних (база даних). Це центральний компонент системи, який зберігає агрономічні фактори; результати обробки та кластеризації; параметри регресійних моделей; прогнозовані та фактичні показники врожайності. ІС буде використовувати реляційну базу даних MySQL.

Аналітичний модуль. Модуль містить такі алгоритми обробки даних та їх аналізу:

- Кластеризація для виділення груп ділянок із подібними умовами.
- Регресійний аналіз для встановлення залежностей між факторами та врожайністю.
- Алгоритми оцінки точності моделей (обчислення коефіцієнта детермінації R^2 та середньоквадратичної похибки).

Модуль візуалізації. Результати кластеризації, регресійного аналізу та прогнозів будуть відображатися у вигляді інтерактивних графіків та діаграм; карт врожайності з розбивкою на кластери; звітів із рекомендаціями щодо оптимізації агротехнічних заходів.

Клієнтська частина (інтерфейс користувача), який забезпечує взаємодію користувача із системою. Веб-інтерфейс буде розроблений на основі HTML, CSS, JavaScript. Схематично архітектура представлена на рисунку.



Рис.3.1. – Схема архітектури ІС

Джерело: [Розроблено автором]

Для реалізації запропонованої архітектури ІС важливо вибрати і обґрунтувати програмні засоби.

ІС має аналізувати вплив агрономічних факторів на врожайність, тому обрані набір програм повинні дозволяти працювати з даними, будувати математичні моделі та створювати зручний веб-інтерфейс для відображення результатів.

Для збору і обробки даних будуть використовуватись Microsoft Excel або Google Таблиці. Ці інструменти є простими, універсальними, дозволяють створювати таблиці з агрофакторами, даними про поля, погоду та врожайність.

Зібрані дані для аналізу (кластеризації та регресії) будуть оброблюватись у програмі Orange Data Mining. Ця програма була обрана з таких міркувань: по-перше, вона нескладна у використанні і не потребує тривалої підготовки.

Orange має візуальний інтерфейс, де всі операції виконуються через перетягування блоків. У програмі вбудовані готові алгоритми кластеризації (k-Means, DBSCAN, ієрархічна кластеризація) та регресійні моделі.

Програмний засіб дозволяє оброблювати значні масиви даних, працюючи з табличними файлами (CSV, Excel, SQL). що дозволяє обробляти агрономічні показники:

Після обробки даних система дозволяє відображати графіки та діаграми для візуального аналізу. Для створення інтерактивних звітів передбачена інтеграція з Google Data Studio та Tableau. Важливим аргументом її вибору є безкоштовність (open-source) і відсутність ліцензованих програмних вимог.

3.2. Проектування моделі бази даних

Центральний компонент системи, який зберігає агрономічні фактори; результати обробки та кластеризації; параметри регресійних моделей; прогнозовані та фактичні показники врожайності. ІС буде використовувати реляційну базу даних MySQL.

Для реалізації цих вимог розроблено наступну логічну модель бази даних, яка складається з кількох основних таблиць (таблиця 3.1.)

Зв'язки між таблицями:

Таблиця fields має первинний ключ field_id.

Таблиця factors містить зовнішній ключ field_id, який пов'язує фактори з конкретним полем.

Таблиця yields також містить field_id та рік, дозволяючи зберігати історичні дані по врожайності.

Таблиця 3.1. - Основні сутності бази даних

Назва таблиці	Призначення
fields	Інформація про поля (назва, площа, культура)
factors	Агрономічні фактори для кожного поля (вологість, температура, добрива тощо)
yields	Дані про врожайність за роками
clusters	Належність полів до кластерів
regression_results	Результати регресійного аналізу для кожного поля

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця clusters зберігає номер кластера для кожного поля.

Таблиця regression_results містить коефіцієнти регресії, які характеризують вплив кожного фактора на врожайність для конкретного поля або кластера.

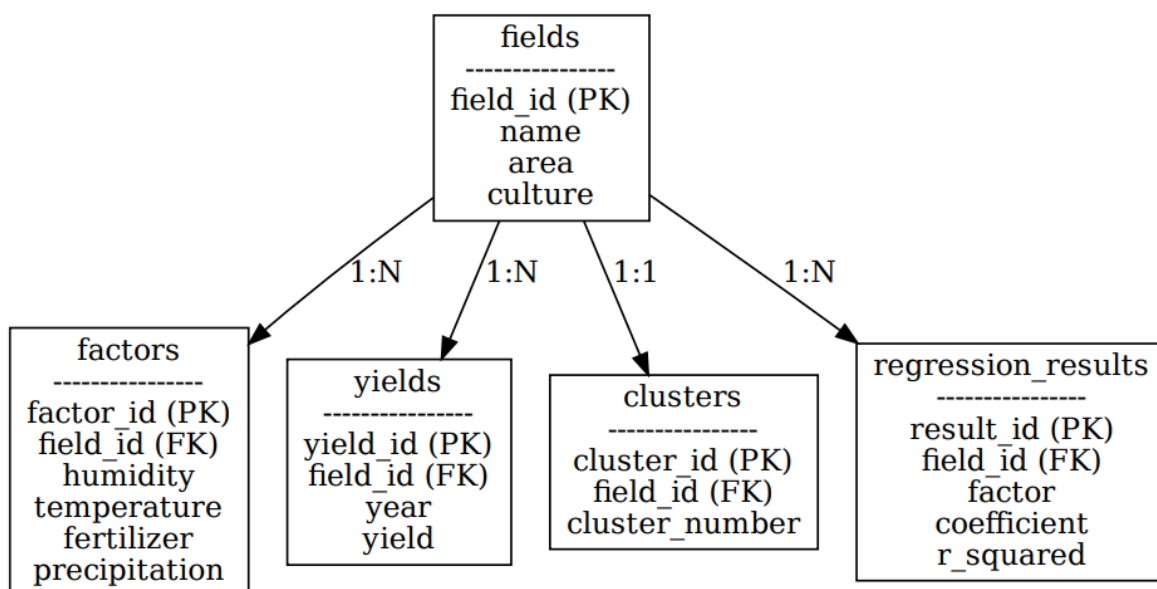


Рис.3.1. – Логічні зв'язки між таблицями

Джерело: [Розроблено автором]

ІС базується на MySQL і містить описані компоненти наведемо приклади базової структури інформаційних об'єктів (таблиць) у вигляді структурного складу: fields — поля

Таблиця 3.2. – Структурний склад таблиці fields

Поле	Тип	Опис
id	INT, PK, AUTO_INCREMENT	Унікальний ідентифікатор поля
name	VARCHAR(100)	Назва поля
location	POINT / VARCHAR	Геолокація або опис розташування
area_ha	FLOAT	Площа поля (га)
soil_type	VARCHAR(100)	Тип ґрунту

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 3.3. – Структурний склад таблиці fields

Поле	Тип	Опис
id	INT, PK, AUTO_INCREMENT	Унікальний ідентифікатор фактора
field_id	INT, FK → fields(id)	Зв'язок із конкретним полем
factor_type	VARCHAR(50)	Тип фактора (температура, pH...)
value	FLOAT	Значення фактора
unit	VARCHAR(20)	Одиниця виміру
date_recorded	DATE	Дата фіксації

Джерело: [Розроблено автором]

Таблиця 3.4. – Структурний склад таблиці yield_

Поле	Тип	Опис
id	INT, PK, AUTO_INCREMENT	Ідентифікатор запису
field_id	INT, FK → fields(id)	До якого поля належить показник
year	YEAR	Рік збору врожаю
actual_yield	FLOAT	Фактична врожайність (ц/га)
predicted_yield	FLOAT	Прогнозована врожайність
model_id	INT, FK regression_models(id)	Яка модель прогнозувала

Джерело: [Розроблено автором]

SQL-скрипт створення таблиць представлений у додатку А. Модель бази даних забезпечує зберігання інформації про поля та їхні характеристики; зберігання агрономічних факторів, пов'язаних із кожним полем (вологість ґрунту, кількість опадів тощо); фіксацію історичних показників врожайності; збереження результатів кластеризації та регресійного аналізу для кожного поля.

Отже, така архітектура дозволяє створити ефективну, масштабовану інформаційну систему, яка об'єднує збір, зберігання, аналітику, прогнозування та візуалізацію даних для підтримки прийняття рішень на підприємстві ТОВ «Дружба Нова». Вона забезпечує структуроване зберігання інформації про поля, фактори та врожайність; можливість гнучкого аналізу даних за роками та різними показниками; підтримку математичних методів (кластеризації та регресії), оскільки результати аналізу зберігаються у відповідних таблицях.

3.3.Практична реалізація методів кластеризації і регресії

Детально опишемо механізм кластеризації у середовищі програми Orange Data Mining. Кластеризація – це метод машинного навчання, який дозволяє автоматично групувати дані за схожими характеристиками. У Orange Data Mining цей процес реалізується через візуальний конструктор

На першому етапі відбувається завантаження даних для кластеризації. Для цього у робочу область програмного середовища додається блок "File" (та вибирається виберіть CSV-файл з агрономічними даними, які були отримані попередньо. До блоку "File" підключається "Data Table" , у результаті дані завантажені, і можна перевірити, чи всі показники коректні (рис.3.2.)

На другому етапі відбувається вибір методу кластеризації, мета якого визначити групи полів з подібними характеристиками. Серед можливих наявні методи "k-Means" (відома кількість кластерів), "Hierarchical Clustering" (кількість кластерів невідома), DBSCAN (для даних зі складною структурою), Agglomerative Clustering (Якщо потрібен поступовий поділ). На цьому етапі визначається

кількість кластерів, поля для кластеризації (наприклад, вологість ґрунту, рівень азоту, врожайність).

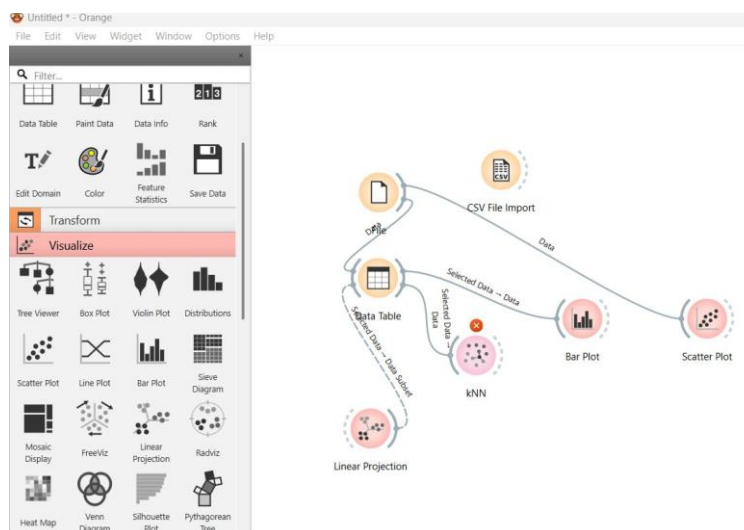


Рис.3.2. – Аналіз методом DBSCAN

Джерело: [Розроблено автором]

На третьому етапі реалізується візуалізація результатів. Для цього застосовується блок "Scatter Plot" дані відображаються у вигляді кольорових точок на графіку.

Програмний засіб дозволяє перевірити наскільки коректно модель поділила поля на групи. Для цього застосовується блок "Silhouette Plot", блок "Box Plot", "Select Data". У результаті якісного поділу на групи, ці дані можна використовувати для аграрного аналізу і прийняття рішень, як-то оптимізація схеми внесення добрив для кожного кластера, прогнозування врожайності тощо

Регресія – це метод машинного навчання, який дозволяє знайти залежність між однією змінною (цільовою) і однією або кількома незалежними змінними (факторами).

Регресійний аналіз у середовищі Orange Data Mining призначений для аналізу впливу факторів на врожайність. Він відбувається за наступним механізмом.

На першому етапі відбувається завантаження даних для регресії через блок "File" та завантаження CSV-файлу із агрономічними даними. Для перегляду і зв'язування завантажених даних додається блок "Data Table»

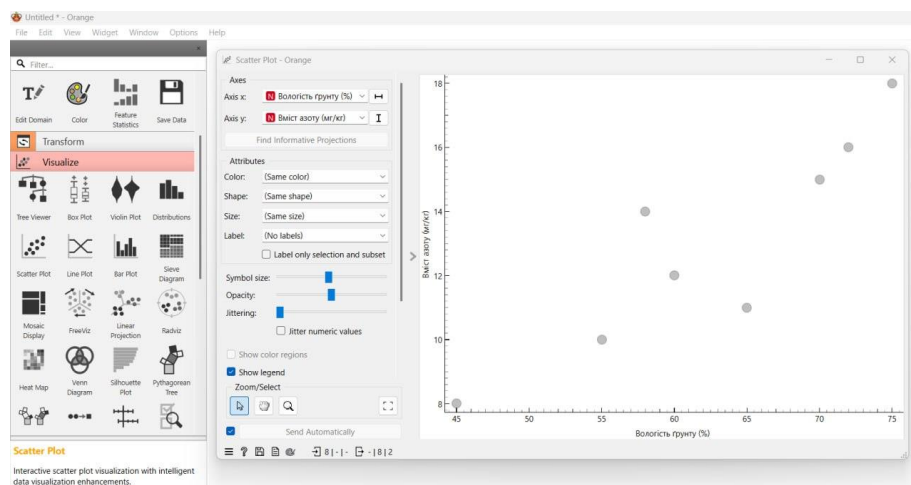


Рис.3.2. – Регресійний аналіз у середовищі Data Orange Mining

Джерело: [Розроблено автором]

Для визначення найбільш значущих факторів, що впливають на врожайність застосовуємо лінійну регресію, тому на другому етапі у робочу область переміщуємо "Linear Regression". і з'єднуємо з блоком "File".

Встановлюється залежна змінна (Y) "Врожайність (ц/га)" і незалежні змінні (X), наприклад, "Вологість ґрунту", "Вміст азоту". Для прогнозування застосовується блок "Predictions", для візуалізації блоки "Box Plot" (вплив кожного фактора на врожайність), "Scatter Plot" (залежність між агрофакторами), "Heatmap"(візуально порівняти дані).

Таким чином аналіз даних ТОВ «Дружба Нова» здійснюється за допомогою таких аналітичних методів як кластеризація та регресія. ПРОграмний засіб для реалізації цих методів - Orange Data Mining . Він дозволяє автоматично розділяти поля на групи (кластеризація), визначати, які агрофактори впливають на врожайність (регресія) та будувати прогнози для прийняття управлінських рішень щодо врожайності.

Вибрані засоби дозволяють створити інформаційну систему для аграріїв з базовим програмуванням, з сучасним веб-інтерфейсом, який можна переглядати з

комп'ютера або смартфона. Це забезпечує зручний доступ до результатів аналізу та підтримку прийняття рішень на основі даних.

3.4. Розробка веб-інтерфейсу для візуалізації результатів агроаналітики

Веб-сайт, розроблений у межах даної інформаційної системи, слугує зручним інструментом для аграрних фахівців, що дозволяє:

- переглядати інформацію про поля та врожайність;
- візуалізувати результати кластеризації (наприклад, поділ полів на групи за схожими агрономічними параметрами);
- відображати регресійні моделі та прогнозовану врожайність;
- аналізувати динаміку врожайності за роками.

Для розробки веб-інтерфейсу були використані класичні технології фронтенду:

- HTML5 – для створення структури сторінок;
- CSS3 (у тому числі Flexbox та Grid) – для стилізації й адаптивного дизайну;
- JavaScript – для динамічного оновлення контенту, взаємодії з сервером і побудови графіків;
- Chart.js / D3.js – для візуалізації аналітичних даних;
- AJAX (fetch) – для запиту інформації з бази даних через PHP- або Node.js-бекенд;
- MySQL – як джерело первинних даних.

Архітектура інтерфейсу

Інтерфейс поділяється на кілька логічних модулів:

Головна сторінка

Містить загальну інформацію про систему, логотип, навігаційне меню.

Модуль «Поля»

- Таблиця з переліком усіх полів з бази даних.

- При виборі поля – карта (Google Maps/OpenStreetMap або спрощене відображення) і детальна інформація про фактори.

Модуль «Кластеризація»

- Виведення результатів кластеризації, отриманих з Orange, у вигляді:
- списку кластерів;
- графіку з кластерними центрами (наприклад, Scatter Plot);
- кольорового маркування полів.

Модуль «Прогнозування»

- Побудова графіків фактичної та прогнозованої врожайності.
- Вивід параметрів моделей (коефіцієнти, R^2 тощо).
- Можливість фільтрації за роками, полями.

Інтерактивність

Інтерфейс реагує на дії користувача:

- Клік по кластеру — показ полів у ньому;
- Клік по полю — вивід факторів та прогнозів;
- Вибір року — оновлення графіків.

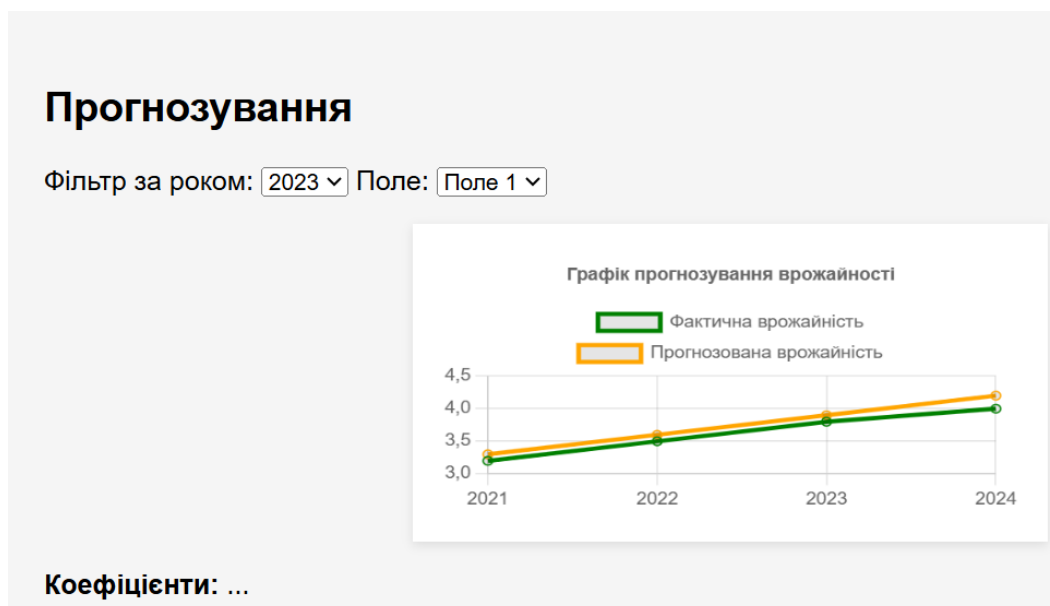


Рис.3.3. – Сторінка «Динаміка врожайності» вебдодатку

Джерело: [Розроблено автором]

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІС

4.1. Практична побудова ІТ-проекту

Розробка оптимальної і універсальної інформаційної підсистеми для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова» передбачає виконання таких завдань:

- Завантаження даних із різних джерел (дані про ґрунт (вологість, склад поживних речовин), погодні умови (температура, опади, вологість повітря), агротехнічні заходи (внесення добрив, сівозміна), фактична врожайність полів).
- Кластеризація полів. Передбачає кластеризацію полів за агрономічними характеристиками (вміст азоту та фосфору, рівень вологи тощо), оптимізацію підходів до агрономічних заходів (внесення добрив, обробка ґрунтів)
- Регресійний аналіз для прогнозування врожайності. Включає визначення залежності врожайності від агрофакторів на основі регресійних моделей та побудову прогнозу на майбутні сезони з урахуванням змін у погодних умовах та агротехніці.
- Візуалізація результатів аналізу (побудова інтерактивних графіків, діаграм та карт для зручного сприйняття результатів, Відображення кластеризованих полів на карті для прийняття рішень щодо їх обробки).
- Автоматичне формування аналітичних звітів про продуктивність полів та прийняття рішень на основі регресійного та кластерного аналізу.
- Розробка веб-застосунку для відображення результатів. Інтеграція всіх аналітичних інструментів в єдиний веб-інтерфейс і відображення всіх даних, кластеризації, прогнозів та аналітичних звітів у зручному форматі.

Завдання представимо у вигляді таблиці 4.1.

Запропонована інформаційна підсистема дозволить ТОВ «Дружба Нова» знизити витрати на добрива та воду через точний аналіз, збільшити врожайність за рахунок оптимального управління, а також приймати обґрунтовані рішення на основі прогнозів.

Таблиця 4.1. - Завдання проєкту з детальним описом кожного етапу

№	Завдання	Опис	Призначення
1	Автоматизований збір та обробка агроданих	Завантаження даних про ґрунт, погоду, врожайність, агротехнічні заходи.	Швидкий доступ до точних агроданих, зменшення ручного введення.
2	Кластеризація полів за агрофакторами	Групування полів за подібними агрофакторами для ефективного управління.	Оптимізація внесення добрив та обробки ґрунту.
3	Регресійний аналіз для прогнозування врожайності	Визначення залежності врожайності від агрофакторів, прогнозування майбутніх показників.	Визначення ключових факторів впливу на врожайність, зниження витрат.
4	Візуалізація результатів аналізу	Побудова графіків, карт та діаграм для наочного аналізу.	Краще розуміння взаємозв'язків між агрофакторами.
5	Автоматичне формування звітів для керівництва	Створення звітів із рекомендаціями щодо оптимізації агротехнічних заходів.	Прийняття рішень на основі автоматичних звітів та прогнозів.
	– Розробка веб-застосунку для відображення результатів.	Інтеграція всіх аналітичних інструментів в єдиний веб-інтерфейс.	Відображення всіх даних, кластеризації, прогнозів та аналітичних звітів у зручному форматі.

Джерело: [Розроблено автором]

Завдання проєкту для подальшої реалізації його менеджменту у програмі Worksection представлено у таблиці у додатку А3.

Для менеджменту створення проєкту буде застосовано сервіс Worksection. Worksection- це українська онлайн-платформа для управління проєктами, яка дозволяє планувати завдання, контролювати терміни, аналізувати ресурси та генерувати звіти. Вона підтримує різні методології (Agile, Scrum, Kanban), включає інструменти для візуалізації (діаграми Ганта, календарі) та забезпечує колаборацію через спільний доступ до файлів, коментарі та інтеграцію з Google Drive,

Dropbox. Система пропонує автоматичні нагадування, аналітику продуктивності та мобільний додаток для дистанційного контролю [6]

Період виконання проєкту - інформаційної підсистеми для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії на підприємстві ТОВ «Дружба Нова»: 15 квітня – 30 травня. Терміни виконання завдань розраховані у додатку A4.

Діаграма Ганта для даного проєкту візуалізує послідовність виконання завдань, їх тривалість, залежності між етапами та контрольні точки.

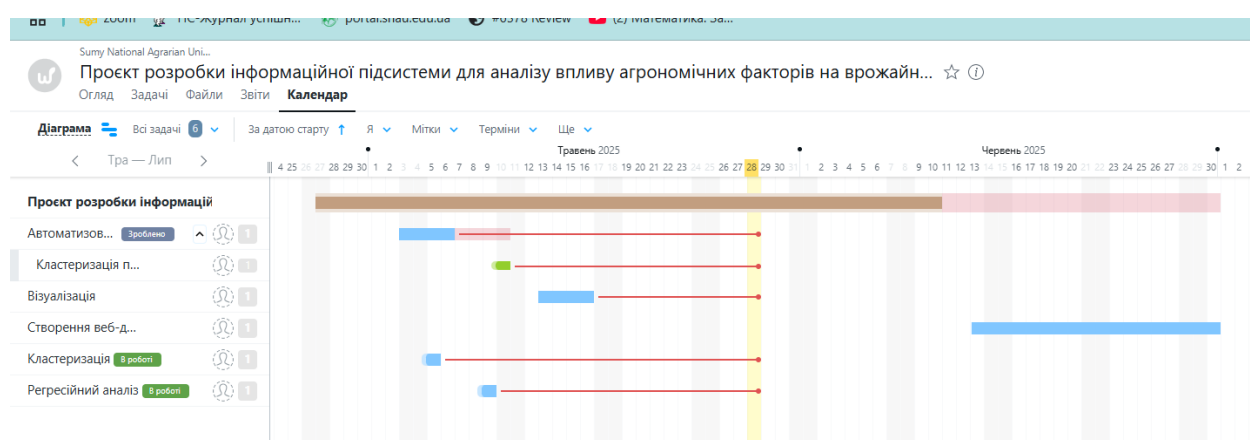


Рис.4.1. – Діаграма Ганта для проєкту у середовищі сервісу Worksection
Джерело: [Розроблено автором]

Моніторинг виконання завдань у Worksection здійснюється за допомогою системи статусів, які дозволяють швидко оцінити стан кожної задачі в проєкті. Для зручності використовуються кольорові позначки: зелений статус означає, що завдання виконано, жовтий вказує, що завдання наразі перебуває в роботі, а червоний сигналізує про прострочення термінів виконання. Це дає змогу керівнику оперативно реагувати на затримки, перерозподіляти ресурси та підтримувати дисципліну в команді.

Окрім візуального контролю, важливо регулярно формувати звіти про хід виконання проєкту. У Worksection для цього передбачено розділ «Аналітика» – «Звіти», де можна автоматично генерувати щотижневі звіти щодо прогресу за всіма завданнями. Звіти дозволяють аналізувати виконання плану, виявляти слабкі місця

та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Для більшої деталізації та зручності аналізу рекомендується використовувати фільтри за відповідальними особами, окремими завданнями або часовими періодами, що дає змогу швидко отримати інформацію про внесок кожного члена команди та динаміку виконання робіт.

Серед практичних порад щодо моніторингу та звітності варто відзначити необхідність встановлення регулярних контрольних точок, своєчасного оновлення статусів завдань усіма учасниками, а також використання автоматичних нагадувань для уникнення прострочень. Доцільно аналізувати звіти не лише керівнику, а й усій команді на щотижневих онлайн-мітингах, що сприяє прозорості процесу та підвищує мотивацію досягати поставлених цілей у визначені строки.

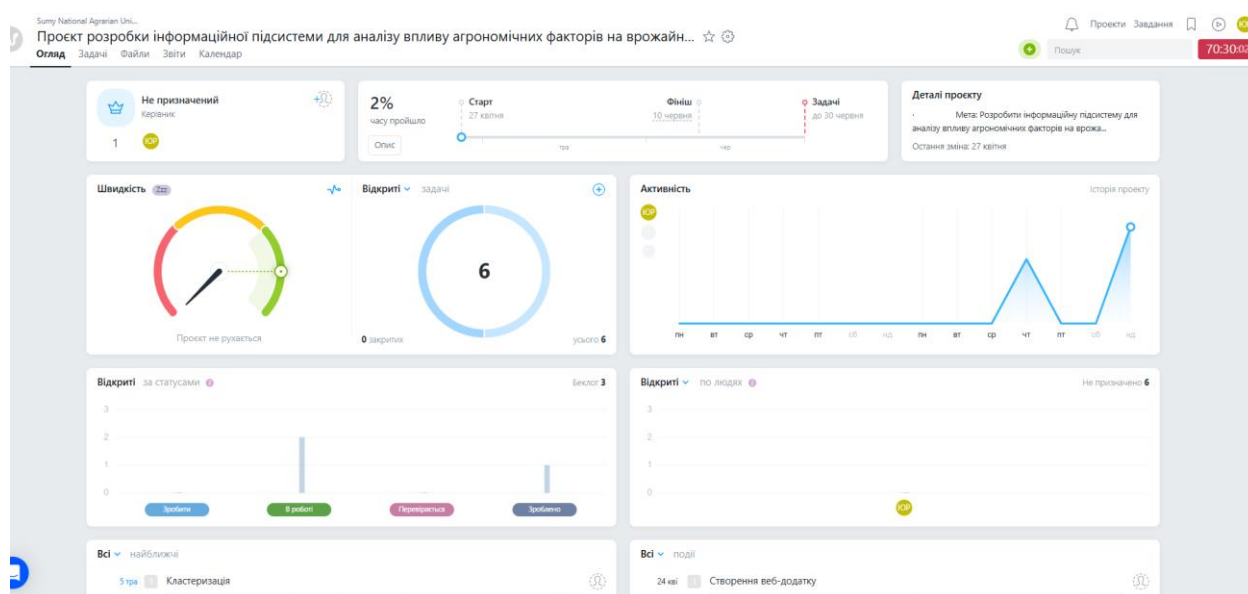


Рис.4.2. – Звіт по проєкту у середовищі сервісу Worksection

Джерело: [Розроблено автором]

Таким чином, менеджмент у середовищі сервісу Worksection складається з 6 етапів, на кожному з яких необхідно виконати всі дії для досягнення мети проєкту вчасно і якісно.

4.2. Техніко-економічне обґрунтування розробки автоматизованої підсистеми

Техніко-економічний ефект від впровадження комп'ютерної системи визначається за співвідношенням витрат на розробку системи і прибутком від її впровадження. Витрати на розробку системи складаються з:

Оплати праці V_1 ,

Адміністративних витрат V_2 ,

Витрат на програмне забезпечення та обладнання V_3 ,

Резервних витрат V_4 .

$$\Sigma V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (5.3.1)$$

Джерелами прибутку від впровадження запропонованої комп'ютерної системи будуть такі фактори:

- можливість виконувати більшу кількість завдань;
- зменшення збитків від вчасного проведення аналізу полів, ґрунтів;

Визначимо такі показники:

- коефіцієнт економічної ефективності КЕФ;
- термін окупності системи – ТОК.

Визначимо витрати на розробку програмного забезпечення. Вони включають оплату праці, Витрати на обладнання та програмне забезпечення, адміністративні витрати (табл.4.2.).

Таблиця 4.2. – Витрати на оплату праці

Посада	Кількість	Денна ставка (грн)	Дні роботи	Сума (грн)
Керівник проєкту	1	1 200	14	16 800
Fullstack-розробник	1	1 450	14	20 300
Аналітик (Data + QA)	1	1 350	14	18 900
Разом				56 000

Джерело: [Розроблено автором]

Визначимо розмір оплати праці (табл.3.1.). Fullstack-розробник поєднує функції Backend (API на Python) та Frontend (React.js). Аналітик виконує обробку даних (Pandas) і тестування (Selenium). 14 днів – термін реалізації проєкту (2 тижні інтенсивної роботи).

Таблиця 4.3. - Витрати на обладнання та програмне забезпечення

Стаття витрат	Сума (грн)
Оренда хмарного сервера (AWS)	1 500
Ліцензія GitHub Pro (1 місяць)	300
Бібліотеки ML (оплата API)	500
Витратні матеріали (флешки)	200
Разом	2 500

Джерело: [Розроблено автором]

- AWS використовується для розгортання тимчасового сервера.
- GitHub Pro необхідний для CI/CD та командного доступу.
- API-сервіси залучаються на етапі тестування.

Таблиця 3.5. - Адміністративні витрати

Стаття витрат	Сума (грн)
Інтернет (14 днів)	700
Канцелярські товари	300
Транспорт (2 поїздки)	500
Разом	1 500

Джерело: [Розроблено автором]

4. Резервний фонд (10%)

$$(56\,000 + 2\,500 + 1\,500) \times 10\% = 60\,000 \times 0,1 = 6\,000 \text{ грн}$$

Таблиця 3.4. - Загальний бюджет проекту

Категорія	Сума (грн)
Трудові витрати	56 000
Обладнання та ПЗ	2 500
Адміністративні витрати	1 500
Резервний фонд	6 000
Підсумок	66 000

Джерело: [Розроблено автором]

Отже, запропонований бюджет у 66 000 грн дозволяє реалізувати проєкт із заданим функціоналом.

Для оцінки економічної доцільності впровадження інформаційної підсистеми розрахуємо основні показники ефективності: коефіцієнт економічної ефективності (КЕФ) та термін окупності (ТОК).

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$\text{КЕФ} = \Pi / K, \text{ де}$$

Π – річний очікуваний прибуток від впровадження системи, грн;

K – загальні витрати на створення та впровадження системи, грн.

Підставимо дані:

$$\Pi = 30\,000 \text{ грн}$$

$$K = 66\,000 \text{ грн}$$

$$\text{КЕФ} = 30\,000 / 66\,000 \approx 0,45$$

Отже, коефіцієнт економічної ефективності становить 0,45. Це означає, що на кожен вкладений гривню система приносить 0,45 грн прибутку на рік. Якщо

порівняти з нормативним коефіцієнтом ефективності (наприклад, $E_n = 0,15$), то проєкт є економічно доцільним, оскільки $KEF > E_n$.

Термін окупності системи визначається за формулою:

$$ТОК = K / П$$

Підставимо дані:

$$ТОК = 66\,000 / 30\,000 \approx 2,2 \text{ роки}$$

Таким чином, проєкт окупиться приблизно за 2 роки і 2 місяці. Отже, розраховані показники свідчать про економічну доцільність впровадження інформаційної підсистеми, оскільки коефіцієнт економічної ефективності перевищує нормативний, а термін окупності є прийнятним для ІТ-проєктів.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було розроблено інформаційну систему для підтримки прийняття агрономічних рішень на основі аналізу факторів, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Система поєднує функції збереження, обробки, кластеризації та візуалізації аграрних даних, що забезпечує комплексну аналітичну підтримку агровиробництва.

Було досягнуто такі основні результати:

- Здійснено збір і збереження агрономічних даних у реляційній базі даних MySQL, розроблено схему таблиць, яка охоплює інформацію про поля, фактори впливу, кластерні ознаки та результати моделювання.
- Виконано обробку даних за допомогою середовища Orange Data Mining: здійснено кластеризацію даних та побудовано регресійні моделі для прогнозування врожайності.
- Реалізовано веб-інтерфейс для візуалізації результатів аналізу за допомогою HTML, CSS і JavaScript. Створено інтерактивний графік динаміки врожайності та інтерфейс з меню для навігації між аналітичними модулями.
- Описано процес експорту та обробки даних з Orange, а також способи конвертації та завантаження результатів у вебінтерфейс.

Практична реалізація проєкту із розробки інформаційної підсистеми для аналізу агрономічних факторів на врожайність продемонструвала доцільність використання поетапного планування, чіткої організації робіт та автоматизації процесів збору, обробки та аналізу даних. Впровадження сучасних підходів до управління IT-проєктами сприяє підвищенню ефективності командної роботи, забезпечує досягнення поставлених цілей у визначені строки та з оптимальним використанням ресурсів.

Отже, коефіцієнт економічної ефективності становить 0,45. Це означає, що на кожную вкладену гривню система приносить 0,45 грн прибутку на рік. Якщо порівняти з нормативним коефіцієнтом ефективності (наприклад, $E_n = 0,15$), то проєкт є економічно доцільним, оскільки $KEF > E_n$.

Запропонована система дозволяє агрономам, аналітикам і керівникам господарств ефективно використовувати накопичені дані для планування посівних робіт, оцінки факторів ризику та прийняття обґрунтованих рішень на основі прогнозних моделей.

Подальші перспективи розвитку проєкту включають автоматичну інтеграцію з геоінформаційними системами (GIS), використання супутникових даних, удосконалення алгоритмів машинного навчання, а також реалізацію мобільної версії системи для зручної роботи в польових умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

3. Зелінська О. В., Говоруха В. Р. Підвищення ефективності інформаційних систем в АПК. *Ефективна економіка*. 2022. № 11. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7389> (дата звернення: 04.03.2025). DOI: [10.32702/2307-2105-2019.11.47](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.11.47)
4. Інформаційні технології: навч. посібник. / Волосяк Ю.В., Кузьома В.В., Коваленко О.А., Тихонова Т.В., Неліпова А.В., Бондаренко Л.В., Мороз Т.О., Борян Л.О., під заг. ред. А.В. Неліпової. – К. : «Кафедра», 2017. – 200 с.
5. Кащена Н. Б. Обліково-аналітичне забезпечення управління економічною активністю підприємств торгівлі: теорія, методологія, практика: монографія. Харків : Видавництво Іванченка І.С., 2021. 389 с.
6. Лень В. С. Обліково-аналітична система підприємства: обґрунтування визначення, модель. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № 1(5). С. 281–290. URL: <http://ppeu.stu.cn.ua/article/view/79179>
7. Сергієнко В.Ю. Методи кластеризації та регресії у аналізі врожайності. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (25-28 квітня 2024 р.). – Суми, 2024. С.432.
8. Сергієнко В.Ю. Реалізація алгоритмів кластеризації та регресії для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-18 квітня 2025 р.). – Суми, 2025. С.432.
9. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/big-data-v-bolshih-hozyaystvah>
10. Семенишен В. Використання інформаційних систем та технологій в агроінженерії. *Ефективне використання енергії: стан та перспективи*. 2023. С.122-124
11. Соколенко С.І. Інформаційні кластери як механізм підвищення конкурентоспроможності регіону [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://>

ucluster.org/ sokolenko /2008/07 /irmovacijny-klastery-mexanyzm pidvyshhennya konkurentospromozhnostiregionu/

12. Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науковопрактичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.2. – Суми: СНАУ, 2022. 193 с.

13. Харченко В. В. Методика ефективного застосування інформаційних технологій в аграрному підприємстві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія "Економіка, аграрний менеджмент, бізнес". 2014. Вип. 200, ч. 1. С. 329–333.

14. Лучко Г., Франків Р. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В ІТ-СФЕРІ. *Економіка та суспільство*. 2025. № 72. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-121>

15. Навчальний посібник КПІ [Електронний ресурс]. Управління ІТ-проєктами. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/51743/1/Upravlinnia_IT-proiektamy.pdf2.

16. Наукові записки Львівського університету [Електронний ресурс]. Управління проєктами в ІТ-сфері. – 2021. – Режим доступу: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/download/402/379/5>.

17. Основи управління ІТ проєктами [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. О. Кузьмініх, Р. А. Тараненко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 75 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34480/1/2019_Osnovy_upravlinnia.pdf (дата звернення: 27.04.2025).

18. Розроблення інноваційного ІТ-стартапу : метод. вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Інноваційні інформаційні технології» для студентів спец. "126 Інформаційні системи та технології" другого (магістерського) рівня / уклад. Олександр Вь.ненко. – Суми , 2023. – 32с.

19. Управління IT-проєктами (PM) [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсової роботи / Сумський національний аграрний університет. – Суми : СНАУ, 2022. – 77 с. – Режим доступу: <https://eim.snau.edu.ua/>
20. Юрчук Н. П., Кіпоренко С. С. МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ IT-ПРОЄКТАМИ: КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ. *Efektivna ekonomika*. 2024. № 11. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.11.76>
21. ArmedSoft [Електронний ресурс]. Методи управління IT проєктами. – 2022. – Режим доступу: <https://armedsoft.com/ua/blog/metody-upravlinnya-it-proektamy1>.
22. InDevLab [Електронний ресурс]. Які існують методи управління проєктами у сфері IT? – 2019. – Режим доступу: <https://indevlab.com/uk/blog-ua/yaki-isnuyut-metodi-upravlinnya-proektami-u-sferi-it/3>.
23. Worksection : офіційний сайт платформи для управління проєктами. – URL: <https://worksection.com> (дата звернення: 27.04.2025).
24. Agro 4.0: A data science-based information system for sustainable agroecosystem management / E. P. R. da Fonseca et al. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2020. Vol. 102. P. 102068. URL: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102068>
25. Agricultural Crop-Yield Prediction / K. P. Kumar et al. *Data-Driven Farming*. Boca Raton, 2024. P. 158–177. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003485179-9>
26. Cunha R. L. F., Silva B., Netto M. A. S. A Scalable Machine Learning System for Pre-Season Agriculture Yield Forecast. *2018 IEEE 14th International Conference on e-Science (e-Science)*, Amsterdam, 29 October – 1 November 2018. 2018. URL: <https://doi.org/10.1109/escience.2018.00131>
27. IoT and Cloud based Automated Irrigation System / K. G. Anandha Jothi et al. *2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence For Internet of Things (AIIoT)*, Vellore, India, 3–4 May 2024. 2024.

ДОДАТКИ

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на розробку інформаційної системи
«Розробка інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів
на врожайність через методи кластеризації та регресії»

ПОГОДЖЕНО:

доцент кафедри кібернетики та
інформатики
Руденко Ю.О.

Здобувач вищої освіти групи ІСТ _____
Сергієнко В.Ю.

Суми 2025

1. Призначення й мета створення програмного додатку

Призначення програмного додатку

Програмний додаток для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії.

1.2 Мета створення програмного додатку - проєктування і розробка ІС, яка дозволить аналізувати вплив агрономічних факторів на врожайність сільськогосподарських культур

1.3 Цільова аудиторія – агрономічні підприємства.

2 Вимоги до програмного додатку

2.1 Вимоги до програмного додатку в цілому

Програмний додаток, розроблений у межах дипломної роботи, повинен забезпечувати повний цикл роботи з агрономічними даними — від їх збирання та зберігання до обробки, аналізу та наочного представлення результатів. Основною вимогою до системи є здатність працювати з аграрною інформацією про поля, культури, фактори впливу на врожайність та фактичні й прогнозовані показники. Система повинна зберігати всі ці дані в реляційній базі даних MySQL та забезпечувати зручний інтерфейс для перегляду й взаємодії з ними.

Однією з ключових функцій додатку є підтримка роботи з даними, що обробляються в середовищі Orange Data Mining. Система повинна дозволити експорт та імпорт інформації у форматах CSV або JSON для подальшої кластеризації та побудови регресійних моделей. Важливою вимогою є можливість подальшого завантаження результатів аналізу назад у систему з метою збереження та візуалізації.

Користувацький інтерфейс реалізується як веб-застосунок на основі технологій HTML, CSS та JavaScript. Він повинен бути простим, зрозумілим та зручним для кінцевого користувача, з мінімальними вимогами до технічних навичок. Серед основних можливостей інтерфейсу — побудова інтерактивних графіків, перегляд таблиць даних, навігація між розділами (кластеризація, поля, прогнози тощо), а також завантаження підготовлених файлів. Графіки мають

швидко завантажуватись і відображатись навіть при роботі з великими обсягами даних, а сама система повинна бути придатною для локального або серверного розгортання.

3 Склад і зміст робіт зі створення вебдодатку

Додаток А.1 — Таблиця планування робіт, часу та ресурсів проєкту

№	Завдання	Опис	Планування робіт (WBS)	Планування часу (графік)
1	Автоматизований збір та обробка агроданих	Завантаження даних про ґрунт, погоду, врожайність, агротехнічні заходи	Розподіл на підзадачі: інтеграція API, налаштування БД, тестування збору даних	2–4 тижні (залежно від джерел даних та обсягів)
2	Кластеризація полів за агрофакторами	Групування полів за подібними факторами	Використання ML-алгоритмів (наприклад, k-середніх), валідація результатів	3–5 тижнів (включаючи ітеративне вдосконалення моделі)
3	Регресійний аналіз для прогнозування врожайності	Визначення залежностей між факторами та прогнозування	Вибір моделі (лінійна/поліноміальна регресія), навчання на історичних даних	4–6 тижнів (з урахуванням перевірки точності моделі)
4	Візуалізація результатів аналізу	Побудова графіків, карт, діаграм	Інтеграція бібліотек (D3.js, Plotly), оптимізація для веб-інтерфейсу	2–3 тижні (з урахуванням UI/UX-вимог)
5	Автоматичне формування звітів	Генерація звітів із рекомендаціями	Налаштування шаблонів, інтеграція з аналітичними модулями	1–2 тижні (автоматизація через Apache POI або аналоги)
6	Розробка веб-застосунку	Інтеграція інструментів у єдиний інтерфейс	Розробка API, фронтенд-частини, тестування сумісності	6–8 тижнів (за методологією Agile зі спринтами по 2 тижні)

Додаток А2 – Терміни виконання завдань (WBS):

Завдання/Підзавдання	Відповідальний	Термін	Залежності
1. Автоматизований збір даних	Backend-розробник	15.04–25.04	–
- Інтеграція API погодних сервісів		15.04–20.04	–
- Налаштування БД PostgreSQL		21.04–25.04	Завершення API
2. Кластеризація полів	Data Scientist	26.04–05.05	Завершення задачі 1
- Вибір алгоритму (k-середніх)		26.04–28.04	–
- Навчання моделі		29.04–05.05	Готовність даних
3. Регресійний аналіз	Data Scientist	06.05–15.05	Завершення задачі 2
4. Візуалізація результатів	Frontend	16.05–20.05	Завершення задачі 3
5. Автоматичні звіти	Backend	21.05–23.05	Готовність аналітики
6. Веб-застосунок	Fullstack	24.05–28.05	Завершення задач 4–5
7. Тестування	QA	29.05–30.05	Готовність застосунку

Додаток Б

SQL-скрипт створення таблиць

```
CREATE DATABASE AgroAnalysis;
```

```
USE AgroAnalysis;
```

```
CREATE TABLE fields (  
    field_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(100),  
    area FLOAT,  
    culture VARCHAR(50)  
);
```

```
CREATE TABLE factors (  
    factor_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    field_id INT,  
    humidity FLOAT,  
    temperature FLOAT,  
    fertilizer FLOAT,  
    precipitation FLOAT,  
    FOREIGN KEY (field_id) REFERENCES fields(field_id)  
);
```

```
CREATE TABLE yields (  
    yield_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    field_id INT,  
    year YEAR,  
    yield FLOAT,  
    FOREIGN KEY (field_id) REFERENCES fields(field_id)  
);
```

```
CREATE TABLE clusters (  
    cluster_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    field_id INT,  
    cluster_number INT,  
    FOREIGN KEY (field_id) REFERENCES fields(field_id)  
);
```

```
CREATE TABLE regression_results (  
  result_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
  field_id INT,  
  factor VARCHAR(50),  
  coefficient FLOAT,  
  r_squared FLOAT,  
  FOREIGN KEY (field_id) REFERENCES fields(field_id)  
);
```

Додаток В

Програмний код інтерфейсу користувача

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Агроаналітична система</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>

  <!-- Меню навігації -->
  <nav>
    <ul>
      <li><a href="#">Головна</a></li>
      <li><a href="#">Поля</a></li>
      <li><a href="#">Кластеризація</a></li>
      <li><a href="#">Прогнозування</a></li>
    </ul>
  </nav>

  <!-- Основний контент -->
  <main>
    <h1>Динаміка врожайності</h1>
    <canvas id="yieldChart"></canvas>
  </main>
```

```
<footer>  
  &copy; 2025 Агроаналітична система  
</footer>
```

```
<script src="chart.js"></script>  
</body>  
</html>
```

```
body {  
  margin: 0;  
  font-family: Arial, sans-serif;  
  background: #f4f6f8;  
}
```

```
nav {  
  background-color: #2f4f4f;  
  padding: 10px;  
}
```

```
nav ul {  
  list-style: none;  
  display: flex;  
  gap: 20px;  
  margin: 0;  
  padding: 0;  
}
```

```
nav a {  
  color: white;
```

```
text-decoration: none;  
font-weight: bold;  
}
```

```
nav a:hover {  
  text-decoration: underline;  
}
```

```
main {  
  padding: 20px;  
}
```

```
canvas {  
  max-width: 800px;  
  width: 100%;  
  background: white;  
  border: 1px solid #ccc;  
  padding: 10px;  
}
```

```
footer {  
  text-align: center;  
  padding: 10px;  
  color: #666;  
  font-size: 14px;  
}
```

```
const ctx = document.getElementById('yieldChart').getContext('2d');
```

```

const data = {
  labels: ['2022', '2023', '2024'],
  datasets: [
    {
      label: 'Фактична врожайність',
      data: [60, 64, 63],
      borderColor: 'green',
      tension: 0.3,
      fill: false
    },
    {
      label: 'Прогнозована врожайність',
      data: [62, 63.5, 64.2],
      borderColor: 'blue',
      borderDash: [5, 5],
      tension: 0.3,
      fill: false
    }
  ]
};

```

```

new Chart(ctx, {
  type: 'line',
  data: data,
  options: {
    responsive: true,
    plugins: {
      title: {
        display: true,

```

```

    text: 'Графік врожайності по роках'
  }
},
scales: {
  y: {
    title: {
      display: true,
      text: 'Врожайність (ц/га)'
    }
  },
  x: {
    title: {
      display: true,
      text: 'Рік'
    }
  }
}
});

```

Додаток Г

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА

(18-22 листопада 2024 р., м. Суми)

Прохоренков С. В. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМІВ, СТАНУ ТА ЗНАЧЕННЯ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ УКРАЇНИ	303
--	-----

462 Матеріали НПК викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-18 квітня 2025 р.)

Волошин А.М. ЕФЕКТИВНІСТЬ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: СУТНІСТЬ ТА НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ	304
В'юненко О.Б. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ CLOUD-ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	305
Мартинченко С.В. ВИКЛИКИ ПРИ ОБРОБЦІ ТА УПРАВЛІННІ НЕСТРУКТУРОВАНИМИ ДАНИМИ. Обуховська В.В. ОЦІНЮВАННЯ УСПІШНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ: ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ	306
Биченко Є.В. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЧАТ-БОТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ НА ВЕБ-САЙТАХ	307
Курило І.М. ПРОЕКТУВАННЯ КОРИСТУВАЦЬКОГО ІНТЕРФЕЙСУ ЧАТ-БОТА «ПОМІЧНИК МЕНЕДЖЕРУ З ПРОДАЖУ»	308
Погореленко Д.Є. ОСОБЛИВОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ДІЯЛЬНОСТІ ГУРТКІВ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ	309
Погореленко Д.Є. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ДІЯЛЬНОСТІ ГУРТКІВ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ	310
Сергієнко В.Ю. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА РЕГРЕСІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ АГРОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ	311
Доля А. Р. ОГЛЯД СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ЗАМОВЛЕННЯ КУРСІВ В УКРАЇНІ.....	312
Прокопенко Б.В. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СКЛАДСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ НА ПІДПРИЄМСТВІ	313
Данілов І.М. ОСНОВНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ ВЕБ-ДОДАТКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ЦЕНТРУ КАР'ЄРИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ	314
Терещенко С.С. ПРОЄКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ АВТОМАТИЗАЦІЇ СУПРОВОДЖЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ БІЗНЕС-ШКОЛИ СНАУ	315
Дьомін І.О. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ЯК ВАЖЛИВОЇ СКЛАДОВОЇ НЕФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ ІС.....	316
Білоус Д.Р. РОЛЬ ФІНАНСОВОЇ НАУКИ У РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ТА СУСПІЛЬСТВА.....	317
Биченко П.В. ФІНАНСОВА СИСТЕМА УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ: ВИКЛИКИ ТА НАПРЯМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ.....	318
Гаркуша Т. Г. ФІНАНСОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСЦЕВИХ БЮДЖЕТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	319
ГОРЛАЧ Ю.В. ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ВАЛЮТ НА ГЛОБАЛЬНУ ЕКОНОМІКУ	320
Ждек В.М. ЕКОЛОГІЧНЕ СТРАХУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННИХ ВИКЛИКІВ.....	321
Капінус Д.О. КЛЮЧОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РИНКУ НЕРУХОМОСТІ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВІЙНИ	322
Клименко М.М. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ІНВЕСТИВАННЯ В ГЕНЕТИКУ МОЛОЧНОГО СТАДА.....	323
Коваленко В.Ю. ФІНАНСОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ СТАВОГО РОЗВИТКУ ФЕРМЕРСЬКИХ	324

МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА РЕГРЕСІЇ У АНАЛІЗІ ВРОЖАЙНОСТІ

Сергієнко В.Ю., студ. 4 курсу ФЕІМ, спец. «Інформаційні системи та технології»
 Наукова керівниця: д.п.н., доц. Руденко Ю.О.
 Сумський НАУ

У сучасних умовах розвитку ІТ, діджиталізації і глобалізації світу обсяг даних зростає з надвеликою швидкістю. З 2014 по 2024 рік він збільшився більше, ніж у двічі. Зростання обсягу даних не обмежується однією предметною областю, воно характерне для всіх сфер, зокрема, і агрономічної. Разом зі зростанням даних, що можна отримати щодо якості ґрунту, добрив, динаміки врожайності удосконалюються методи її зберігання, обробки і аналізу. Цей процес стає у нагоді для конкретних специфічних задач, зокрема, для задач покращення врожайності у окремому регіоні або окремих агрономічних культур [1].

Серед технологій, що забезпечують вирішення поставлених задач добре себе зарекомендували технології, що забезпечують методи Data mining – регресію і кластеризації. Ці методи реалізуються окремо, але для більшої ефективності застосовуються у взаємозв'язку.

Методи кластеризації базуються на групування об'єктів (для агрономічних досліджень – полів або ділянок землі) в групи (кластери), що мають схожі характеристики врожайності або інших агрономічних параметрів. Це дозволяє виявити закономірності і потенційні проблемні зони, а також сприяти оптимізації сільськогосподарських практик.

Основні методи кластеризації: K-середніх (K-means), ієрархічна кластеризація, DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise). Методом K-середніх доцільно класифікувати поля за рівнем врожайності, за допомогою ієрархічної кластеризації можливо реалізувати ієрархічне дерево для групування даних для знаходження природних груп, навіть якщо їх кількість невідома заздалегідь. Метод DBSCAN виявляє кластери на основі щільності даних, що добре працює для виявлення зони з аномально високою або низькою врожайністю.

Аналогічно методи регресії використовуються для моделювання і прогнозування врожайності на основі різних змінних, таких як погодні умови, тип ґрунту, використані добрива та інші фактори [2].

Найпоширенішими методами регресії в агрономічних дослідженнях врожайності є лінійна, множинна та регіональна.

Лінійна регресія використовується для прогнозування врожайності на основі лінійних залежностей від різних факторів. Множинна розширює лінійну регресію для врахування кількох незалежних змінних (наприклад, кількість опадів, температура, використання добрив тощо).

Регіональна регресія (Spatial Regression) застосовується для врахування просторових кореляцій між сусідніми полями або ділянками землі.

В агрономічних дослідженнях доцільно застосовувати методи Data Mining, пересію та кластеризацію. Вони дозволяють здійснювати прогнозування врожайності на основі метеорологічних даних, оцінювати ефективність різних факторів, таких як тип ґрунту або агротехнічні заходи, на врожайність, створювати моделі для оптимізації використання ресурсів (вода, добрива) і максимізації врожаю. В усіх моделях використовуються моделі машинного навчання (Random Forest, Gradient Boosting) [3].

Важливо у реальних дослідженнях поєднувати методи кластеризації та регресії для досягнення більш точних результатів.

Отже, методи кластеризації та регресії є потужними інструментами в аналізі врожайності, кожен з яких має свої особливості та переваги в залежності від задач. Використання цих методів дозволяє значно полегшити прийняття рішень у агрономії, оптимізувати використання ресурсів і підвищити продуктивність сільськогосподарських угідь.

Список використаних джерел

1. Oleskiv I., Mirzoeva D. Logistic regression as instrument for analyzing influence of remittances on economic growth. Management and Entrepreneurship in Ukraine: the stages of formation and problems of development. 2020. Vol. 2020, no. 2. P. 127-132. <https://doi.org/10.23939/smeu2020.02.127>
2. Moran K., The characteristics of minimalism in web design, 2015. <https://www.nngroup.com/articles/characteristics-minimalism/>.
3. Carney L., Web design trends and statistics 2022 – putting users first, 2022. <https://www.websitebuilderexpert.com/designingwebsites/web-design-trends-2020/>.

Додаток Д

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

науково-практичної конференції
викладачів, аспірантів та студентів
Сумського НАУ

(25-28 квітня 2023 р.)

Рудакова Д.О. РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ В ФОРМУВАННІ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА	339
Базарний С.О. УПРАВЛІННЯ ТОВАРНОЮ ПОЛІТИКОЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОГО БІЗНЕСУ	340
Сергієнко В.Г. КАДРОВА БЕЗПЕКА ЯК ОСНОВНИЙ ЕЛЕМЕНТ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА	341
Бельська А.О. РЕКЛАМНА ДІЯЛЬНІСТЬ НА ПІДПРИЄМСТВАХ РОЗДРІБНОЇ ТОРГІВЛІ ТА СПОСОБИ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ	342
Дундук Д.С. РОЛЬ І ЗНАЧЕННЯ КРЕДИТУ В РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ	343
В'юненко О.Б. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ КІБЕРГІПЕНІ	344
Баталова А.Б. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	345
Маяк А.О. ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ ТА ПРОДАЖУ МУЗИКИ	346
Бусенко І.В. РОЗРОБКА ВІДЕОІГОР НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ P2E	347
Крамський А.С. ChatGPT – ТВІЙ МЕНТОР У НАВЧАННІ	348
Гервольський М.Д. АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ ВИДІ ХОСТИНГІВ	349
Потапенко М.Т. АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ	350
Єременко О.В. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВІРКИ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ІЗ ВИБІРКИ ДАНИХ: ШЛЯХИ І ТЕХНОЛОГІЇ	351
Мотлюк М.В. А/В ТЕСТУВАННЯ ЯК МЕТОД МАРКЕТИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ІТ	352
Олефіренко Д.В. ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ В УКРАЇНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ	353
Бабуров Д.В. ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ В УКРАЇНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ	354
Шакотько А.М. ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВСП «ГАФК СНАУ»	355
Басанець Д.В. ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА ОБЛІКУ КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОЛЕДЖУ ВСП «ГАФК СНАУ»	356
Хіманова А.О. ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ ПРОЕКТАМИ СУЧАСНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ	357
Сіденко А.С. ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ САЙТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	358
Шакотько Є.С. СУЧАСНІ АЛГОРИТМИ АНАЛІЗУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА МОНІТОРИНГУ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ	359
Грошовик Р.Ю. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВЕДЕННЯ ПОГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛІКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	360
Наконечний О.Б. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ БАЛАНСУ ГУМУСУ І ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЇЇ ВИРІШЕННЯ	361
Мартинченко С.В. ОБРОБКА ВЕЛИКИХ ДАНИХ: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	362
Zhang Yuanyu THE KEY FACTORS IN PERSONAL DEVELOPMENT FROM THE PERSPECTIVE OF ENTERPRISES	363
Qin Fan IMPROVEMENT OF THE RISK MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISE	364
Jiang Maoji ORGANIZE THE CONCEPT AND METHOD OF BUSINESS PROCESS IMPROVEMENT	365
Zhang Buyao DISCUSSION ON THE MANAGEMENT OF CAREER PROMOTION OF ENTERPRISE EMPLOYEES	366
Cui Xiaoping THE IMPACT OF INNOVATIVE TRANSFORMATIONS IN THE AGRO-INDUSTRIAL SPHERE ON THE ACHIEVEMENT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS	367
Zhao Jing CONCEPTUAL APPROACHES TO MANAGING THE BEHAVIOR OF THE COMPANY'S PERSONNEL ON THE BASIS OF CORPORATE CULTURE	368
Гулько Б. В. МЕХАНІЗМ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В СФЕРІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	369
Маслак О.М., Санін Р.С. ІНСТРУМЕНТИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	370
Ніколаєнко Т.С. НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ПУБЛІЧНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ ОСВІТИ НА РІВНІ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ	371
Гребченко Т.А., Стеценко Б.М. КОМУНІКАЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК ОРГАНІВ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ІЗ СУСПІЛЬСТВОМ	372
Майданевич С.В. АДМІНІСТРАТИВНО-ПРОЦЕДУРНІ ЗАСАДИ РЕГУЛЮВАННЯ В БАНКІВСЬКІЙ СФЕРІ	373
Chonglong Bi MANAGEMENT OF ORGANIZATIONAL CULTURE AS A FACTOR OF INCREASING COMPETITIVENESS	374
Тимошенко М.І. ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ КЛАСТЕРНИМИ ТА НАДКЛАСТЕРНИМИ ЛІКАРНЯМИ	375

РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА РЕГРЕСІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ АГРОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ

Сергієнко В.Ю., студ. 4 курсу ФЕІМ, спец. «Інформаційні системи та технології»
Наукова керівниця: доц. Ю.О. Руденко
Сумський НАУ

У сучасному сільському господарстві аналіз агрономічних факторів є ключовим для підвищення врожайності та оптимізації витрат.

На врожайність впливають кліматичні умови (температура, опади, вологість повітря), тип та структура ґрунту, вміст органічних речовин та рН, вміст азоту, фосфору, калію та особливості технології вирощування. Ці дані, отримані з різних джерел при застосуванні статистичних методів та сучасного програмного забезпечення можуть стати дієвим підґрунтям для аналізу і побудови короткострокових і відтермінованих прогнозів.

Значна кількість наукових праць присвячена ІС, які дозволяють застосовувати аналітичні методи у агробізнесі. Серед них обліково-аналітичні системи (ОАС) (Зелінська О. [1], Семенишен В. [2]), інформаційні кластери (Соколенко С. [3]).

Використання методів кластеризації та регресійного аналізу дозволяє виділяти групи з подібними характеристиками та прогнозувати вплив окремих факторів на врожайність. Кластеризація – це метод машинного навчання, який дозволяє групувати дані за схожими характеристиками. Основні алгоритми, що ефективні в агрономічній галузі – це K-Means (розподіляє дані на K кластерів за допомогою центрів), DBSCAN (групує дані на основі щільності точок, враховуючи викиди), Agglomerative Hierarchical Clustering (побудова ієрархічного дерева кластерів). Методи кластеризації застосовують для визначення зон продуктивності, нормалізації показників ґрунту, клімату та добрив. Використання K-Means дієво працює для групування полів за схожими умовами та візуалізації кластерів на карті земельних ділянок.

Регресійний аналіз допомагає прогнозувати залежність врожайності від вказаних факторів. Основні її методи - лінійна регресія, яка використовується для встановлення лінійних залежностей; множинна регресія – враховує кілька незалежних змінних та поліноміальна регресія – використовується для моделювання нелінійних залежностей. Вибір моделі регресії (лінійна або поліноміальна).

Для реалізації алгоритмів кластеризації та регресії використовуються різні програми, особливу поширеність набув Python з бібліотеками scikit-learn, pandas, matplotlib для реалізації моделей машинного навчання та візуалізації даних і програма R (пакети caret, ggplot2) – для статистичного аналізу та прогнозування врожайності.

Зібрані дані для аналізу (кластеризації та регресії) на підприємствах агрономічної галузі доцільно обробляти у програмі Orange Data Mining. Вибір цієї програми зумовлений такими міркуваннями: по-перше, вона нескладна у використанні і не потребує тривалої підготовки. Orange має візуальний інтерфейс, де всі операції виконуються через перетягування блоків. У програмі вбудовані готові алгоритми кластеризації (k-Means, DBSCAN, ієрархічна кластеризація) та регресійні моделі.

Таким чином, застосування алгоритмів кластеризації та регресії дозволяє ефективно аналізувати агрономічні фактори, підвищуючи врожайність і знижуючи витрати на ресурси. Використання цих методів є перспективним напрямком у точному землеробстві.

Список використаних джерел

1. Зелінська О. В., Говоруха В. Р. Підвищення ефективності інформаційних систем в АПК. Ефективна економіка. 2022. № 11. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7389> (дата звернення: 04.03.2025). DOI: 10.32702/2307-2105-2019.11.47
2. Семенишен В. Використання інформаційних систем та технологій в агроінженерії. Ефективне використання енергії: стан та перспективи. 2023. С.122-124
3. Соколенко С.І. Інформаційні кластери як механізм підвищення конкурентоспроможності регіону [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ucluster.org/sokolenko/2008/07/irmovacijny-klastery-mexanyzm-pidvyshheniya-konkurentospromozhnosti-regionu/>

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Сергієнко Владислав Юрійович

Співавтор:

Назва: Розробка інформаційної системи для аналізу впливу агрономічних факторів на врожайність через методи кластеризації та регресії (ТОВ «Дружба Нова»)

Науковий керівник: Руденко Юлія Олександрівна

Підрозділ: SNAU

Коефіцієнт подібності 1: 7.8%

Коефіцієнт подібності 2: 1.7%

Мікропробіли: 56

Заміна букв: 5

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-09 12:43:24.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☒ Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

☐ Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

☐ Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-09

Надія Бараннік

Дата

експерт