


## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА


на тему Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур

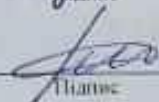
Галузь знань 12 – Інформаційні технології  
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма Комп'ютерні науки  
Назва освітньої програми

Виконав: студент 2 курсу, група КНм-20-1  Т.С. Левчик  
Курс, група виконання Ініціали, прізвище

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КН  О.В. Мазурець  
Науковий ступінь, посада Ініціали, прізвище

Нормоконтроль: к.т.н., доцент кафедри КН  Р.О. Багрії  
Науковий ступінь, посада Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КН, д.т.н., професор  О.В. Бармак  
Ініціали, прізвище

05 грудня 2021 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

Освітній ступінь магістр

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук



(підпис)

д.т.н., професор О.В. Бармак

« 01 » вересня 2021 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: «Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур»

2. Завдання видано студенту Левчику Тарасу Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

3. Керівник роботи доцент кафедри КН Мазурець Олександр Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

4. Затверджені наказом університету від « 25 » серпня 2021 р. № 102

5. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета роботи – розробка методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. Також слід провести прикладне дослідження розробленого методу шляхом розробки і аналізу використання відповідної інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. Прикладне дослідження ставить ціллю визначення переваг і особливостей застосування мультиконсеквентних правил продукції на прикладі розв'язання задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

## Реферат

Кваліфікаційна робота магістра розв'язує науково-технічну задачу автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур за проектування та розробки відповідної експертної системи, яка використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

**Актуальність теми.** Тривалий час сільське господарство не було бізнесом, привабливим для інвесторів, у зв'язку з довгим виробничим циклом, схильним до природних ризиків, що приводить до великих втрат урожаю при вирощуванні, збиранні та зберіганні, неможливістю автоматизації різних процесів і відсутністю прогресу в підвищенні продуктивності та впровадженні інновацій. Використання інформаційних технологій в сільському господарстві обмежувалося застосуванням комп'ютерів й програмного забезпечення в основному для управління фінансами та відстеження угод із клієнтами. Не так давно фермери почали використовувати інформаційні технології для моніторингу стану сільськогосподарських культур, худоби і різних елементів сільськогосподарського процесу. Це дозволяє в рази підвищити врожайність та ефективність зборів урожаю, його зберігання та реалізацію.

Однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості урожаю є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур, тому дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші складові, які забезпечують отримання найкращого результату при найменших затратах праці. Саме прогнозування ефективності вирощування агрокультур є нульовим етапом в великому і складному процесі вирощування агрокультур з метою його подальшої реалізації. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного

періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

**Мета і задачі роботи.** *Мета кваліфікаційної роботи магістра* – розробка методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. За результатом виконання роботи були *поставлені та вирішені наступні завдання*:

1. Проведено аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

2. Розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

3. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

4. Розроблено прикладну інформаційну експертну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

5. Проведено прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

**Об'єкт дослідження** – процес прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

**Предмет дослідження** – інформаційні технології, моделі, методи та засоби для автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

**Методи дослідження**, застосовані для вирішення поставлених завдань: для розв'язання поставлених задач використовуються основні положення методів аналізу даних й теорії множин, для реалізації інформаційної системи – методології проектування інформаційних систем й об'єктно-орієнтований підхід.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В результаті роботи були отримані такі *інновації та положення наукової новизни*:

1. Розроблено новий метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.

2. Розроблено нову інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

3. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, що дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Відповідно до особливостей використання мультиконсеквентних правил продукції на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, зокрема того що зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на

прийняття рішень щодо кожного із екземплярів із множини об'єктів впливу, розроблено підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань.

При розв'язанні задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур оцінка прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур виконується за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур використано наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований у роботі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

Перевагами використання мультиконсеквентних правил продукції, визначеними за результатом практичного використання розробленого методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, є наступне:

- висока стійкість методу до неповних вхідних даних;
- можливість обрахунку результату за неповних вхідних даних;
- можливість суттєво збільшити ефективність роботи методу шляхом збільшення кількості правил продукції;

– можливість додавати нові сорти рослин та види умов вирощування без впливу на наявні дані.

### **Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації.**

Основні наукові та практичні результати кваліфікаційної роботи магістра доповідались на XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН–2021» (15–16 жовтня 2021 року); за темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано наукову публікацію:

Левчик Т. С., Собко О. В., Житкевич В. В., Міхалевський В. Ц. Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький, 2021. с. 359-363.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота магістра складається із реферату, завдання, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 34 найменувань та 7 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 119 сторінок, з них 95 сторінок основного тексту та 24 сторінки додатків. У роботі наведено 30 рисунків та 15 таблиць.

**Ключові слова:** вирощування агрокультур, прогнозування, рослинні культури, інформаційна система, інформаційна технологія, агрокультури, ефективність вирощування рослин.

## Зміст

Перелік скорочень .....	4
Вступ.....	5
Розділ 1	
Характеристика предметної області та постановка задачі .....	10
1.1 Аналіз предметної області прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	10
1.2 Аналіз існуючого програмного забезпечення для прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	17
1.3 Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	24
1.4 Постановка задачі .....	27
Висновки до розділу 1 .....	28
Розділ 2	
Метод і засоби для прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	30
2.1 Особливості використання мультиконсеквентних правил продукції у задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур .....	30
2.2 Схема методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур.....	33
2.3 Формальне подання умов вирощування в методі прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	35
2.4 Інформаційна технологія автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур .....	38
Висновки до розділу 2 .....	41

## Розділ 3

Інформаційна система автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур .....	43
3.1 Архітектура інформаційної системи .....	43
3.2 Аргументація вибору комбінації засобів розробки інформаційної системи .....	46
3.3 Структура і взаємозв'язок модулів інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур .....	57
3.4 Проектування структури бази даних інформаційної системи.....	59
Висновки до розділу 3 .....	67

## Розділ 4

Дослідження ефективності інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур .....	69
4.1 Розробка прикладних компонентів інформаційної системи .....	69
4.2 Прикладне тестування інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.....	73
4.3 Прикладне дослідження функціональності інформаційної системи.....	79
4.4 Аналіз результатів прикладного дослідження функціональності інформаційної системи .....	85
Висновки до розділу 4 .....	87
Загальні висновки.....	88
Перелік посилань.....	92
Додатки	

### Перелік скорочень

<b>Скорочення, термін, позначення</b>	<b>Пояснення</b>
СГ	Сільське господарство
ГТ	Геоінформаційні технології
SF	Smart farming
ШД	Штучні добрива
ОД	Органічні добрива
АР	Адміністративний район
КС	Концептуальна схема
ПС	Посівний матеріал
ВГ	Вегетаційний період
ПВ	Планування врожаю
НК	Навколишнє середовище
СС	Супутникові системи
ІТ	Інформаційні технології
КН	Комп'ютерні науки
ПП	Програмний продукт
ХНУ	Хмельницький національний університет
ЕС	Експертна система
БЗ	База знань
БД	База даних
ІС	Інформаційна система
СКБД	Система керування базами даних
MS	Microsoft

## Вступ

Кваліфікаційна робота магістра розв'язує науково-технічну задачу автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур за проєктування та розробки відповідної експертної системи, яка використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

**Актуальність теми.** Тривалий час сільське господарство не було бізнесом, привабливим для інвесторів, у зв'язку з довгим виробничим циклом, схильним до природних ризиків, що приводить до великих втрат урожаю при вирощуванні, збиранні та зберіганні, неможливістю автоматизації різних процесів і відсутністю прогресу в підвищенні продуктивності та впровадженні інновацій. Використання інформаційних технологій в сільському господарстві обмежувалося застосуванням комп'ютерів й програмного забезпечення в основному для управління фінансами та відстеження угод із клієнтами. Не так давно фермери почали використовувати інформаційні технології для моніторингу стану сільськогосподарських культур, худоби і різних елементів сільськогосподарського процесу. Це дозволяє в рази підвищити врожайність та ефективність зборів врожаю, його зберігання та реалізацію.

Однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості врожаю є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур, тому дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші складові, які забезпечують отримання найкращого результату при найменших затратах праці. Саме прогнозування ефективності вирощування агрокультур є нульовим етапом в великому і складному процесі вирощування агрокультур з метою його подальшої

реалізації. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

**Мета і задачі роботи.** *Мета кваліфікаційної роботи магістра* – розробка методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. За результатом виконання роботи були *поставлені та вирішені наступні завдання:*

1. Проведено аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

2. Розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

3. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

4. Розроблено прикладну інформаційну експертну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

5. Проведено прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

**Об'єкт дослідження** – процес прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

**Предмет дослідження** – інформаційні технології, моделі, методи та засоби для автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

**Методи дослідження,** застосовані для вирішення поставлених завдань: для розв'язання поставлених задач використовуються основні положення методів аналізу даних й теорії множин, для реалізації інформаційної системи – методології проектування інформаційних систем й об'єктно-орієнтований підхід.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В результаті роботи були отримані такі *інновації та положення наукової новизни*:

1. Розроблено новий метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.

2. Розроблено нову інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

3. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, що дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні

цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Відповідно до особливостей використання мультиконсеквентних правил продукції на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, зокрема того що зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного із екземплярів із множини об'єктів впливу, розроблено підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань.

При розв'язанні задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур оцінка прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур виконується за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур використано наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований у роботі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним

чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

Перевагами використання мультиконсеквентних правил продукції, визначеними за результатом практичного використання розробленого методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, є наступне:

- висока стійкість методу до неповних вхідних даних;
- можливість обрахунку результату за неповних вхідних даних;
- можливість суттєво збільшити ефективність роботи методу шляхом збільшення кількості правил продукції;

- можливість додавати нові сорти рослин та види умов вирощування без впливу на наявні дані.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації.** Основні наукові та практичні результати кваліфікаційної роботи магістра доповідались на XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН–2021» (15–16 жовтня 2021 року); за темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано наукову публікацію:

Левчик Т. С., Собко О. В., Житкевич В. В., Міхалевський В. Ц. Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький, 2021. с. 359-363.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота магістра складається із реферату, завдання, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 34 найменувань та 7 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 119 сторінок, з них 95 сторінок основного тексту та 24 сторінки додатків. У роботі наведено 30 рисунків та 15 таблиць.

## **Розділ 1**

### **Характеристика предметної області та постановка задачі**

#### **1.1 Аналіз предметної області прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення ефективності управління сільськогосподарським виробництвом є використання інформаційних систем (ІС), що дозволяють автоматизувати процеси вирощування, виробництва, допомагають аналізувати та робити прогнози врожайності сільськогосподарських культур, а також робити висновки та покращувати на основі цих висновків процес виробництва на всіх його етапах. Також важливим є мінімізування шкідливого впливу сільського господарства на навколишнє середовище – а саме, зменшення родючості ґрунтів, майже неконтрольоване використання пестицидів, мінеральних добрив та інших агрохімікатів.

На сьогоднішній день в Україні, як і в кожній державі, сільське господарство є життєво необхідною частиною народного господарства. Сільське господарство – одна з найстаріших сфер діяльності людини, проте на сьогоднішній день і ця сфера не може залишатися осторонь технологічного та інформаційного прогресу. У багатьох розвинених країн сільське господарство переходить на новий рівень розвитку, залишаючи принципи повної ручної праці [1].

Більше 80% фонду споживання становить частка саме сільськогосподарської продукції. Велика частка продукції СГ відправляється на експорт. А саме, частка такої продукції складає близько 40% від загального обсягу продукції експорту. Україна вміло забезпечує СГ продукцією не тільки себе, а й цілий світ.

Більше того, СГ є висококонкурентною галуззю, адже в ній є велика кількість підприємств, що породжує високу конкуренцію та вироблення

продукції високої якості. Для вироблення продукції високої якості великі підприємства залучають новітні технології для збільшення об'ємів виробництва та покращення якості.

Провідною галуззю СГ є землеробство. Не дарма ще з далеких часів землеробство займало провідне місце в СГ України. Завдяки високій родючості ґрунтів та сприятливому клімату в Україні вже декілька століть успішно вирощуються зернові, технічні, бобові та овочеві культури.

З часом людство почало дивитися на процес вирощування зерна та овочів як на цілу науку, що має свої правила та закономірності. Саме таким є визначення агрономії – науки про закони землеробства [1].

Хоч агрономія, як наука, бере коріння ще зі стародавньої Греції та Риму, проте особливо успішно вона почала розвиватися в останні десятиріччя, коли в світі відбулася науково-технологічна революція, що дала поштовх до застосування машинної праці у землеробстві. Саме створення у 1956 році Української академії сільськогосподарських наук є доказом того, що в Україні до СГ почав використовуватися науковий підхід.

У 21 столітті розвиток інформаційних технологій знайшов своє місце і в агрономії. Сучасні ІТ дозволяють аграріям отримувати поради та певні прогнози на основі зібраної інформації про кліматичні та погодні умови, хімічний склад ґрунтів та інші зібрані показники. Дозволяють вираховувати норми витрат посівного матеріалу, добрив та препаратів для обробки від шкідників та грибкових хвороб. Роблять можливим дистанційно управляти СГ технікою, де умови праці мають шкідливий вплив на працівників [2].

Сільське господарство належить до галузей, яка характеризується змінною технологією. До прикладу, за невеликий проміжок часу, відбулись великі зміни у технології вирощування цукрових буряків. Це в свою чергу знизило у 5-6 разів витрати ресурсів праці та водночас збільшило врожайність та умови праці для робітників. Таким чином у сільському

господарстві зміна технології у бік цифрового розвитку має глибший ефект, ніж поява у виробника нової продукції [2].

Інформаційні технології мають високий вплив на модернізацію сучасних СГ підприємств, це безумовно сприяє здоровій конкуренції в даній ніші ринку.

Інформаційні технології в сільському господарстві – це, перш за все, реалізація завдань оптимізації розміщення сільськогосподарських культур на полях, також розрахунок добрив та інших препаратів для захисту рослин від несприятливих факторів. Особливий внесок в розвитку інформаційних технологій СГ зробили геоінформаційні технології.

Геоінформаційні технології (ГТ) – це основа, за допомогою якої створюються географічні інформаційні системи. Ці технології дозволяють подавати та обробляти інформацію, що представлена у вигляді карт, діаграм тощо [3].

Завдяки стрімкому розвитку сучасних технологій в сільському господарстві набирає популярність напрямок, що має назву Smart farming (SF), завдяки цьому на ринку технологічного та інформаційного забезпечення для агробізнесу все більше відчувається конкуренція. SF – це концепція ведення сільського господарства із активним використанням новітніх інформаційних технологій [1].

Як відзначають вчені, SF послаблює вплив СГ на навколишнє довкілля завдяки використанню провідних технологій. А саме – використання дронів, робота зі супутниками, спеціальними локальними датчиками, перехід підприємства на автоматизований робочий цикл, аналіз стану ґрунтів за допомогою комп'ютерних систем, розробка платформ для продажу продукції СГ не тільки звичайним громадянам, а і підприємствам, ресторанам тощо [1].

В агрокультурі геоінформаційні технології дозволяють максимально ефективно розмістити посівні площі в найсприятливіших місцях для

вирощування агрокультур, ведення державного земельного кадастру, розробці технологічних карт.

В загальному поняття «агрокультура» має два значення. Перше – це СГ рослини, що вирощуються для споживання людиною. А друге – це система підходів до збереження родючості ґрунтів та збільшення ефективності вирощування СГ культур.

На українських землях вирощується доволі велике різноманіття агрокультур: картопля, соняшник, цукровий буряк, льон, тютюн, рис, пшениця, просто, овес, гречка, ріпак, огірки, морква, помідори, цибуля, капуста та багато іншого.

При чому ці агрокультури вирощуються не в кожній з природних зон чи областей України. До прикладу, на Поліссі вирощуються огірки, помідори, цибуля, плантації тютюну розміщені на Закарпатті та в Криму, соняшник вирощують у Донецькій, Запорізькій областях. З цього можна зробити висновки, що окрім підходяще обраного місця для висіву певних агрокультур з точки зору клімату, типу ґрунтів, важливим є питання підбору вдалого місця висіву за наступними показниками:

- які агрокультури вирощувались на даному полі в попередні роки;
- якими хімічними препаратами оброблювалось поле при вирощуванні попередньої агрокультури.

Ці показники вивчає та аналізує агрокультура, як система прийомів, заходів ефективного вирощування рослин [4].

Часто аграрії стикаються з такою проблемою, як стійкість бур'янів до гербіцидів. У злаках, наприклад, проблемою стає стійкий до гербіцидів лисохвіст польовий. Процес стійкості розвивається протягом декількох років. Проте, аграрії мають велику кількість сільськогосподарських препаратів для запобігання розвитку стійкості. Також насіванню бур'яну, а відповідно зменшенню родючості ґрунтів, проблеми при вирощуванні та зборі врожаю,

запобігає вчасна оранка полів. Крім оранки, дуже важливою є сівозміна. На майбутнє це зменшує рівень проростання проблемних видів агрокультур [2].

В даному випадку варто зробити акцент на понятті сівозміни. Сівозміна – це система землеробства, що має науково обґрунтоване чергування вирощування СГ культур і парів у часі на певній території або лише в часі за зарання складеним планом [5].

Пар – це поле сівозміни, яке не зайняте посівами протягом всього вегетаційного періоду, це поле підтримується в пухкому і чистому стані, без бур'янів [6].

Саме завдяки сівозміні вдається підвищувати ефективність вирощування агрокультур з найменшою витратою праці та коштів та з найбільшим виходом готової якісної продукції в результаті.

Також величезне значення у вирощуванні агрокультур має підбір та розрахунок ефективної дози мінеральних чи органічних добрив.

Штучні добрива (ШД) – виробляються хімічною промисловістю та містять поживні елементи, необхідні для вирощування рослин сільського господарства. Застосування даного виду добрив сприяє збільшенню врожайності агрокультур, збільшенню якості вихідної продукції та підвищує стійкість рослин до несприятливих кліматичних умов. Частіше всього у ґрунті немає потрібної для рослин кількості азоту, калію, фосфору, тому ці мінеральні добрива часто застосовуються у СГ [7].

Органічні добрива (ОД) – добрива, що містять елементи необхідні для живлення рослин у вигляді органічних сполук. Сюди відноситься тирса, гній, компости, зелене добриво та інші промислові та господарські відходи органічного походження. Сьогодні це популярний тип добрив, так як є 100% натуральним, оздоровче впливає на ґрунти, насичуючи їх органічними сполуками та бактеріями [8].

Як бачимо, доволі багато чинників впливають на ефективне вирощування агрокультур. Тому є сенс залучення інформаційних технологій

для вирішення питання прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Це повинна бути технологія, що допомагає аграріям підібрати правильні параметри на початку посівних робіт для отримання максимально результату, тобто при мінімальних витратах робочої сили та коштів отримати хороший врожай посівних культур.

Інформаційні технології можуть дати поштовх до розвитку нових перспективних способів створення прибуткового сільського господарства. Від такого СГ отримуватимуть користь і навколишнє середовище, і аграрії різного рівня розвитку. Проте це може бути реальним лише за умови підтримки такого виду діяльності державою на рівні політики та законопроектів. А також здорове обговорення процесу впровадження інформаційних технологій між прихильника та противниками інформатизації [1].

Прогнозування ефективності вирощування агрокультур є настільки важливим в агрокультурі, що аграрні вищі навчальні заклади включають в свою освітню програму дисципліни, що присвячені даному питанню, адже успішний аграрій повинен вміти прогнозувати врожайність агрокультур. Положення, які розглядають в межах прогнозування ефективності агрокультур звучать наступним чином:

- поняття планування та програмування врожаю;
- етапи програмування;
- фактори розвитку рослин;
- агробіологічні та агрохімічні основи програмування врожаю та інше.

Для того, щоб правильно спрогнозувати та запрограмувати хороший врожай, необхідно враховувати біологічні особливості агрокультур. До цих особливостей можна віднести:

- період вегетації рослин;
- кліматичні умови для вирощування агрокультури;

- параметри ґрунтів (механічний склад, кислотність, ґрунтове повітря, наявність груп живих організмів);
- потреба агрокультур в тих чи інших добривах;
- дія гербіцидів, інсектицидів та фунгіцидів на конкретну рослину, її стійкість до хвороб та інше.

Знання та вправність сучасних аграріїв дозволять вирощувати на території України агрокультури, яким зовсім непритаманна наша місцевість. До прикладу, така агрокультура як рис, здавна вирощується в країнах Південно-Східної Азії та потребує спеціальних умов для вирощування. Проте в Україні, а саме в Херсонській та Миколаївській областях, створені дослідні станції рисівництва та в плавнях річки Південний Буг успішно вирощується рис. Саме прогнозування ефективності вирощування агрокультур дозволяє спроектувати умови, за яких вирощування даної агрокультури дійсно відповідає очікуваним результатам отримання врожаю.

Отже, однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості врожаю є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Також можна стверджувати, що саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур. Адже дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші важливі моменти, що забезпечать отримання найкращого результату при найменших затратах праці. Саме прогнозування ефективності є нульовим етапом в великому і складному процесі вирощування агрокультур з метою подальшої реалізації. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

## **1.2 Аналіз існуючого програмного забезпечення для прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

В даній предметній області вже розроблено програмні продукти (ПП), що допомагають вирішити проблему прогнозування ефективності вирощування агрокультур, або схожі проблеми. Нижче розглянуто декілька з них, перелічено їх функції, переваги та недоліки.

Plantalyzer – це інструмент для точної оцінки врожаю томатів. Plantalyzer підраховує кількість плодів на рослині в теплиці і надає точну інформацію для оцінки врожаю. Система розроблена в тісній співпраці з Wageningen University & Research (UR) і Berg Hortimotive.

Зовнішній вигляд робота та процес розпізнавання врожаю зображені на рисунках 1.1 та 1.2 відповідно. Плоди оцінюються за допомогою спеціальних камер і програмного забезпечення. Робот оцінює тільки плоди на шляху, по якому він їде, і це дає точне і об'єктивне уявлення про врожай. Зв'язування інформації з практичними даними з теплиці зменшує межа похибки в оцінці до мінімуму.

Точне прогнозування врожаю дозволяє забезпечити високий рівень надійності планування доставки. Це, в свою чергу, дозволяє укласти більш вигідні цінові угоди і отримувати більш високий прибуток [9].

Такий підхід є доволі цікавим і може дати приблизну оцінку врожайності томатів. Проте мінусами є те, що прогноз доволі короткостроковий. А також має певні складності з розпізнаванням плодів томату. Адже робот отримує двовимірне зображення, а гроно у томата має багато плодів зі всіх сторін, що створює проблеми з розпізнаванням.

Система Вега-Pro надає доступ до WEB-інтерфейсу для проведення аналізу супутникових і метеоданих на різних рівнях інтеграції: по регіонах, адміністративних районах, господарствам і окремих полях.



Рисунок 1.1– Зовнішній вигляд робота для розпізнавання та прогнозування врожаю томатів [9]

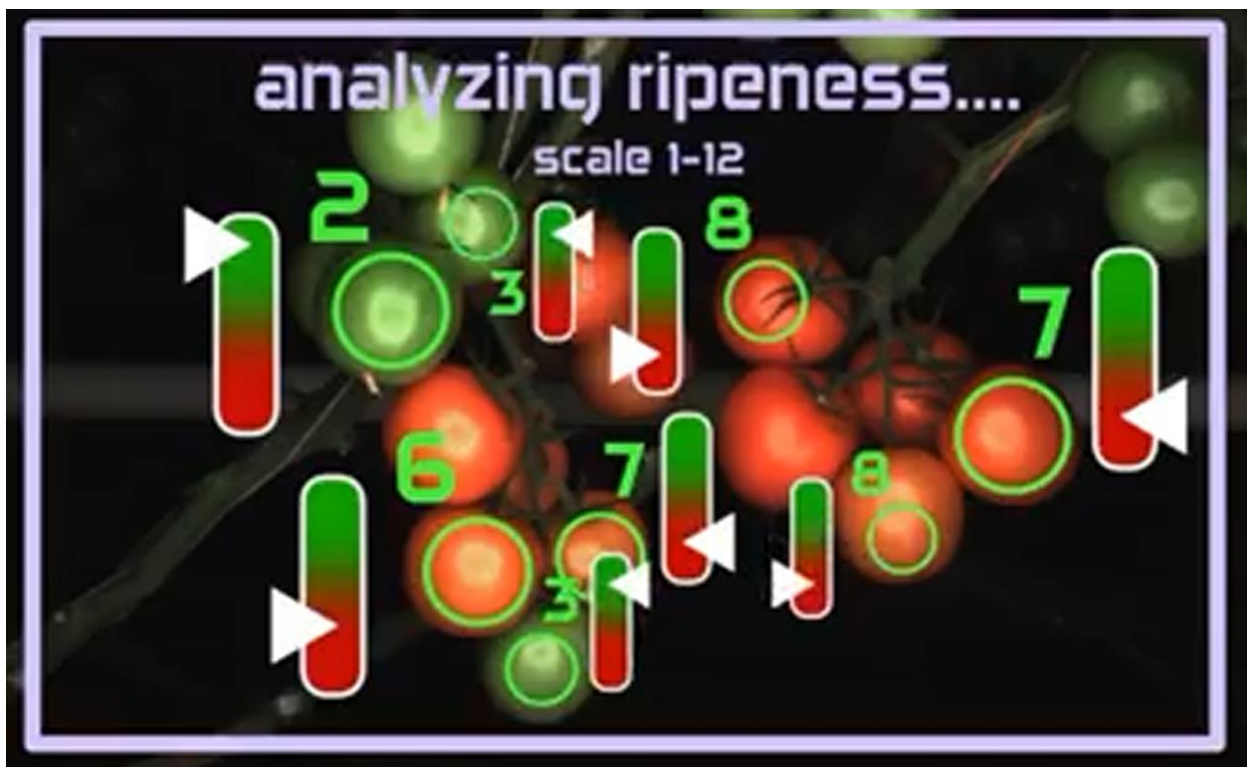


Рисунок 1.2 – Процес розпізнавання врожаю інструментом Plantalyzer [9]

Система Вега-Pro забезпечує такі основні можливості:

– роботу з картографічним інтерфейсом (Рисунок 1.3), що дозволяє вести аналіз даних (супутникових) і результатів їх аналізу, в тому числі щотижневих, чотириденних і щоденних безхмарних композитів різних вегетаційних індексів;

– проведення аналізу довготривалих часових рядів різних параметрів, інтегрованих на окремі об'єкти спостережень, землі, що зайняті різними культурами в окремих господарствах, райони і регіони (Рисунок 1.4);

– ведення баз даних об'єктів користувачів (полів);

– проведення порівняння різних поточних параметрів з даними попередніх сезонів (на вибір користувача) або з середніми багаторічними значеннями;

– отримання «тривожних сигналів» із зазначенням територій, на яких актуальне значення зазначених вище параметрів істотно відхиляється від середньорічних (в тому числі з урахуванням зсуву сезону вегетації).



Рисунок 1.3 – Картографічний інтерфейс Системи Вега-Pro [10]

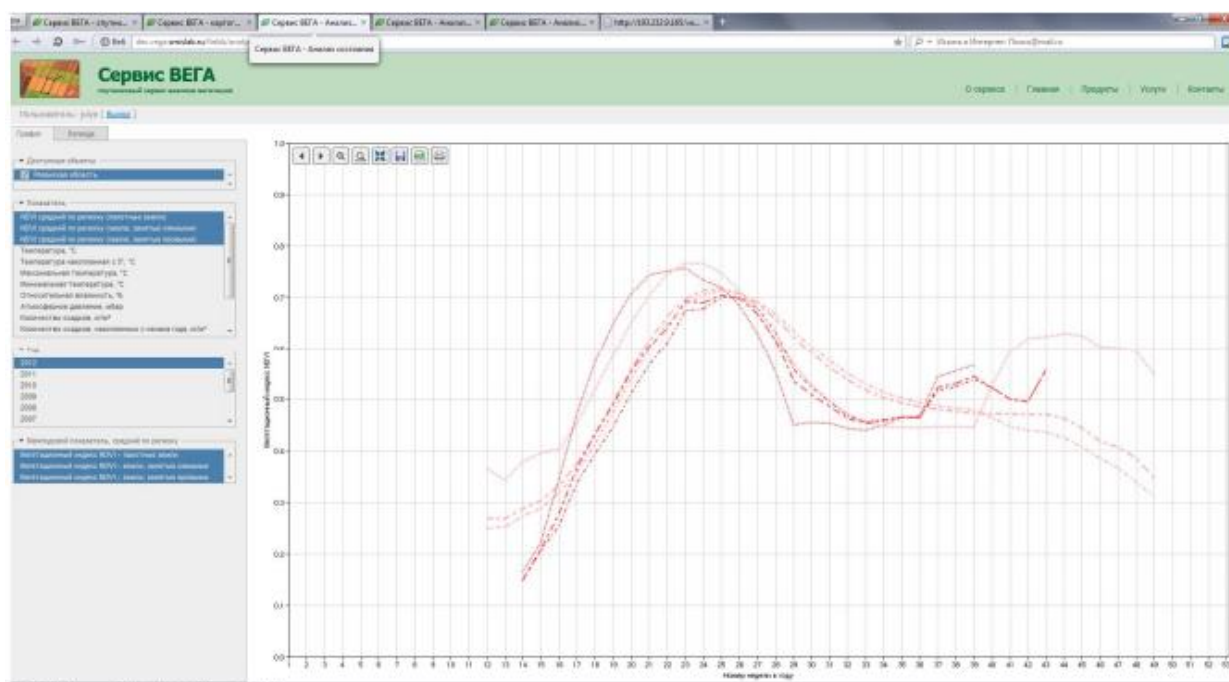


Рисунок 1.4 – Аналіз довготривалих часових рядів різних параметрів Системи Вега-Pro [10]

Для обраних полів користувач може, аналізувати наступну інформацію:

- хід різних вегетаційних індексів, в тому числі порівняння їх з середніми багаторічними нормами ходу розвитку посівів, як для окремих полів, так і для районів їх розташування;

- хід різних метеоданих;

- хід каналних значень, отриманих за даними різних супутникових систем;

- інформацію про тип оброблюваної культури.

Користувач може отримати різні види інформації: про регіон, про адміністративні райони (АР) або про господарство. Також є можливість отримати інформацію, середню про орні землі, землі, що зайняті озимими і яровими культурами, а також про ліси [10].

Deductor Studio Academic (Рисунок 1.5), як програмне забезпечення для побудови неймереж, що використовуються для аналізу ефективності вирощування агрокультур. Характеризується наступними можливостями:

- створення в короткі терміни ефективної системи підтримки прийняття бізнес-рішень на основі аналітичної платформи;

- формування аналітичної надбудови над системами збору і зберігання даних (торгові системи, бухгалтерські системи, окремі бази та інше) завдяки потужним механізмам імпорту.

- проходження (на базі єдиної архітектури) всіх етапів побудови аналітичної системи від створення сховища даних до автоматичного підбору моделей і візуалізації отриманих результатів.

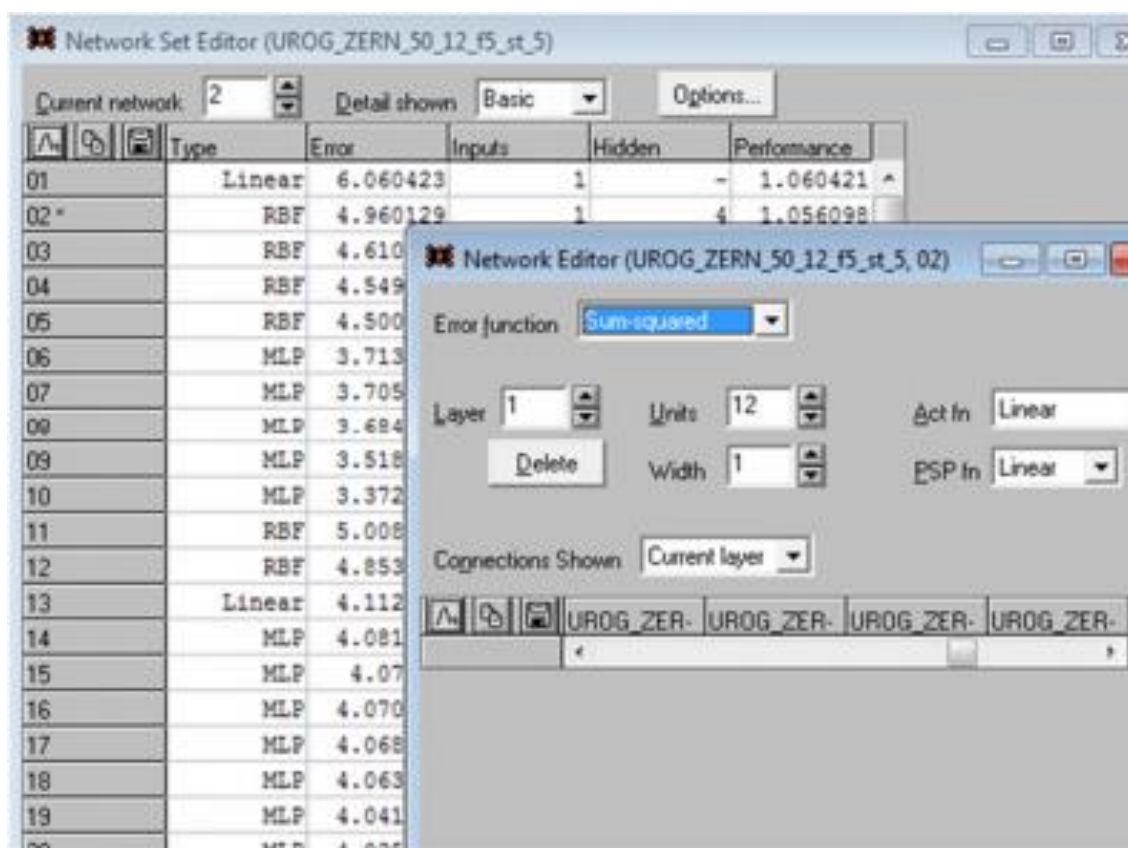


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд програмного забезпечення Deductor Studio Academic [11]

Також IC Deductor надає інструментальні засоби, що необхідні для вирішення найрізноманітніших аналітичних завдань:

– аналіз тенденцій і закономірностей, планування, ранжування. Простота використання і інтуїтивно зрозуміла модель даних дозволяє проводити аналіз за принципом «що якщо», співвідносити гіпотези з відомостями, що зберігаються в базі даних, знаходити аномальні значення, оцінювати наслідки прийняття бізнес-рішень;

– прогнозування. Побудувавши модель на історичних прикладах, можна використовувати її для прогнозування ситуації в майбутньому. По мірі зміни ситуації немає необхідності перебудовувати все, необхідно всього лише додати модель;

– управління ризиками. Реалізовані в системі алгоритми дозволяють досить точно визначитися з тим, які характеристики об'єктів як впливають на ризики в прогнозуванні ефективності виробництва агрокультур [11].

Мінусом даного програмного забезпечення є те, що воно не містить готових рішень для задачі прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

Crop Monitoring від Earth Observing System (Рисунок 1.6). Це онлайн-сервіс, що допомагає аграріям слідкувати за своїми полями та планувати роботи на них. Сервіс використовує супутникові дані, які обробляє та аналізує за допомогою алгоритмів контурів полів, фрагментованого рендеринга карт, динаміки вегетаційних індексів, картування хмар та інше. Сервіс дозволяє додати для відстежування одразу декілька полів, та слідкувати за змінами вегетації полів в залежності від погоди, стадій розвитку рослин на полі, сівозміни та інших необхідних даних. Користувач може отримувати повідомлення на електронну пошту і приймати рішення, що збільшують врожайність та дохід.

Супутниковий моніторинг дає можливість керувати полями не виходячи з офісу чи дому, отримувати повідомлення про будь-які зміни стану

посівів на електронну пошту, відповідно до цього своєчасно вживати необхідні заходи з перешкоджання розвитку хвороб чи інших критичних ситуацій.



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд сервісу Crop Monitoring від Earth Observing System [12]

Всі дані про поля для зручності об'єднані на одному екрані, тому аграрії, які використовують даний сервіс не тільки заощаднують гроші і ресурси на відслідковування станів поля, а й збільшують врожайність і прибуток [12].

Отже, відомі програмні продукти можуть виконувати багато функцій, в той же час деякі з них містять невеликий набір функцій, незручний інтерфейс, складні для використання звичайним користувачем або ж дають неточні дані, які швидко втрачають свою актуальність. Також деякі програмні продукти дають короткострокові дані, які теж швидко втрачають свою актуальність. А програмні продукти, що використовують супутникове стеження за полями, дуже залежні від якості супутникового сигналу. Тому

визначається перспективною розробка інформаційних систем, що забезпечуватимуть прогнозування ефективності вирощування агрокультур за аналізом закономірностей впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

### **1.3 Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

Для вирішення проблеми прогнозування ефективності вирощування агрокультур було проаналізовано ряд сучасних наукових публікацій.

Серед них, наприклад, «Підтримка прийняття рішення для визначення показників економічної ефективності вирощування гороху овочевого» [13], де автор у розглянув економічну сторону ефективності вирощування гороху овочевого. У публікації автор описує модель та інформаційну технологію для автоматизації визначення показників ефективності вирощування гороху овочевого з метою збільшення ефективності функціонування агропідприємства у сучасних умовах. Модель прийняття рішення оцінювання значень показників ефективності вирощування даної агрокультури в дослідженні проводиться на основі методу нечіткого інтервального прогнозування. Автор програмно реалізував інформаційну технологію у вигляді підсистеми системи підтримки прийняття рішень у відповідності з використаними математичними моделями. Концептуальна схема (КС) інформаційної підсистеми має вигляд зображений на рисунку 1.7.

У публікації «Використання інформаційних технологій для програмування врожаю» [14] автор пропонує використання нейронних мереж для оптимізації, управління, прогнозування ефективності врожаю агрокультур. Автор розглядає різноманітні моделі, наприклад статичну модель урожайності зерна та густоти стояння при різних режимах зрошення,

модель залежності урожайності кукурудзи від густоти стояння культур та фонду мінерального живлення, кореляційна поліноміальна модель між продуктивністю рослин ріпака та нормою азотного добрива тощо. Дані модель автор протестував на експериментальних даних з використанням засобів програми STATISTICA 6.1.



Рисунок 1.7 – Концептуальна схема інформаційної підсистеми [13]

Актуальність застосування інформаційних технологій розглядається у публікації «Система управління та забезпечення життєдіяльності агрокультур на базі контролерів «Arduino»» [15]. Автори у роботі пропонують систему на базі мікроконтролерних плат Arduino для вирощування агрокультур за допомогою гідропоніки. У публікації зазначають, що такий спосіб вирощування агрокультур є одним із перспективних та високоефективних так як поєднує в собі новітнє агротехнічне обладнання для вирощування на гідропоніці та новий погляд в контролі основних показників (температура, кислотність води, концентрація добрив) шляхом використання мікроконтролерних плат.

У публікації «Прогнозування урожайності сільсько-господарських культур на основі супутникових даних: можливості та перспективи» [16] автори пропонують використати супутникові системи для прогнозування урожайності СГ культур. Розглянуто специфіку використання супутникових даних для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур на рівні областей і адміністративних районів. Основна увага в статті приділена трьом основним групам методів прогнозування: на основі встановлення року-аналога на основі динаміки вегетаційного індексу, побудова регресійних залежностей між характеристиками, які отримуються на основі супутникових даних, і різних статистичних даних, а також на основі імітаційного моделювання розвитку посівів. Розглянуто напрямки та перспективи використання даних дистанційного зондування для вирішення завдань прогнозування врожайності. Проте результати практичного впровадження вказують на те, що такі системи, що використовують підходи імітаційного моделювання, мають ряд недоліків у вигляді недостатньої вхідної інформації для калібровки моделей.

Також потрібно враховувати і те, що супутникові дані відображають реальний стан рослинності на полі, а доступні вхідні дані, а саме офіційна статистика, розраховані на рівні невеликих господарств, вже включно з втратами врожаю (при транспортуванні, трясці, сушці). Та якщо не брати до уваги ці недоліки, і мати вже добре відкалібровані дані, то супутникові системи є доволі потужним інструментом в прогнозуванні врожайності зернових культур.

Отже, є різні підходи до прогнозування ефективності врожайності агрокультур, всі вони мають свої переваги та недоліки. Хоча визначається перспективною розробка інформаційних систем, що забезпечують прогнозування ефективності вирощування агрокультур за аналізом

закономірностей впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин, існує проблема вибору механізму збереження знань та прийняття рішень в умовах, коли зміна значень параметрів з множини умов вирощування впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з сортів рослин як об'єктів впливу.

#### **1.4 Постановка задачі**

*Мета кваліфікаційної роботи магістра* – розробка методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультіконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні *задачі дослідження*:

1. Провести аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.
2. Розробити метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур.
3. Розробити інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
4. Розробити інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
5. Провести прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

Прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних

культур ставить ціллю визначення переваг і особливостей застосування мультиконсеквентних правил продукції на прикладі розв'язання задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

### **Висновки до розділу 1**

В розділі за результатом дослідження сучасного стану проблеми прогнозування ефективності вирощування агрокультур визначено, що однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості врожаю є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур, тому дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші складові, які забезпечують отримання найкращого результату при найменших затратах праці. Саме прогнозування ефективності вирощування агрокультур є нульовим етапом в великому і складному процесі вирощування агрокультур з метою його подальшої реалізації. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

Хоча в розділі визначено перспективною розробку інформаційних систем, що забезпечують прогнозування ефективності вирощування агрокультур за аналізом закономірностей впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин, встановлено проблему вибору механізму збереження знань та прийняття рішень в умовах предметної області прогнозування ефективності вирощування агрокультур, коли зміна значень параметрів з множини умов вирощування впливає різним

чином на прийняття рішень щодо кожного з сортів агрокультур як об'єктів впливу.

За результатом проведеного дослідження предметної області прогнозування ефективності вирощування агрокультур поставлено мету кваліфікаційної роботи, яка полягає в розробці методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

## Розділ 2

### Метод і засоби для прогнозування ефективності вирощування агрокультур

#### 2.1 Особливості використання мультиконсеквентних правил продукції у задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

У продукційних системах знання подані у вигляді множини продукційних правил, за якими формуються висновки, які повинні бути зроблені (або не зроблені) в різних ситуаціях [29, 30]. Висновки робляться за методами прямого або зворотного логічного висновку. Залежно від методу логічного висновку розрізняють 2 види продукційних систем, системи із прямим логічним висновком і системи із зворотнім логічним висновком [31, 32].

Загальна стратегія вирішення задач полягає в їх розбитті на фрагменти, які легше можна обробити. При цьому, системи з прямим логічним висновком знаходяться під керуванням фактів.

Продукційні експертні системи, що використовуються для вирішення практичних задач, застосовують правила класичного характеру [33], як наведене на рисунку 2.1.

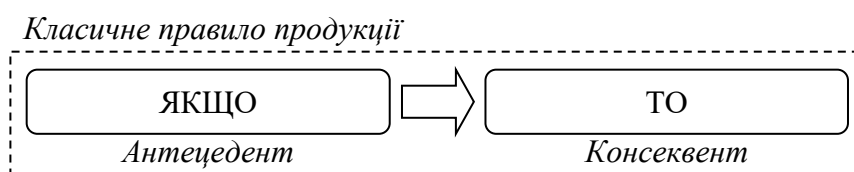


Рисунок 2.1 – Класична логічна структура правила продукції

Якщо кілька правил продукції класичного характеру мають ідентичний антецедент, але різні консеквенти, то їх можна об'єднати в одне

мультиконсеквентне правило, як наведене на рисунку 2.2. Це доречно лише у випадках, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

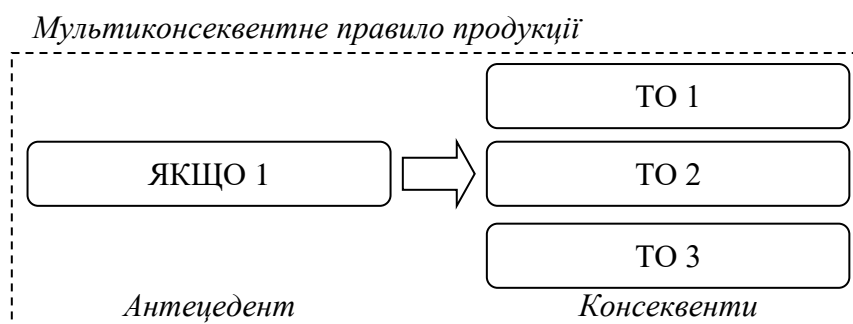


Рисунок 2.2 – Мультиконсеквентна логічна структура правила продукції

Згідно поставленого завдання, областю застосування експертної системи, що використовуватиме мультиконсеквентні правила продукції, є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. У такому випадку, зміна значень параметрів умов вирощування впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з придатних до вирощування сортів рослин. Це визначає можливість використання множини мультиконсеквентних правил продукції для експертного прогнозування ефективності вирощування агрокультур. На рисунку 2.3 наведено компоненти мультиконсеквентних правил продукції, реалізовані для даної області застосування.

Відповідно до особливостей використання мультиконсеквентних правил продукції на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, зокрема того що зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного із екземплярів із множини об'єктів впливу, запропоновано підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в

базі знань, необхідні дії для виконання різних задач за якого наведено у таблиці 2.1.

Антецеденти	Рів'єра	Імпала	Брісколіно
Кислотність ґрунту 4,9 – 5,6	4	3	2
Кислотність ґрунту 5,1 – 5,5	1	1	2
Кислотність ґрунту 5,7 – 6,1	-1	0	1
Кислотність ґрунту 6,2 – 6,8	-15	-10	-5

Рисунок 2.3 – Компоненти мультиконсеквентних правил продукції

Таблиця 2.1 – Підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань

Задача	Необхідні дії для виконання
Потрібно додати нове правило	Додавання нових антецедентів правила до всіх об'єктів впливу
Потрібно додати новий об'єкт	Додавання антецедентів всіх правил до нового об'єкту впливу
Потрібно видалити існуюче правило	Видалення антецедентів обраного правила до всіх об'єктів впливу
Потрібно видалити існуючий об'єкт	Видалення антецедентів всіх правил до обраного об'єкту впливу

Таким чином, оскільки зміна значень параметрів умов вирощування агрокультур впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з придатних до вирощування сортів рослин, визначено доцільним

використання множини мультиконсеквентних правил продукції для експертного прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

## **2.2 Схема методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур призначений для автоматизованого оцінювання прогнозованих результатів успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування. Метод використовує запропонований в п.2.1 підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань. На Рисунку 2.4 зображено схему кроків методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

Вхідні дані методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур складають відомості бази даних, бази знань та цільові дані для обробки. З бази даних використовується інформація про сорти рослин, види параметрів, багатобічність сортів агрокультур, актуальність відомостей тощо. База знань містить необхідні мультиконсеквентні правила продукції, необхідні для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. Дані для обробки подаються як множина значень параметрів умов вирощування.

Крок 1 методу відповідає за формування вибірки актуальних правил продукції. Для цього спершу виконується вибір неопрацьованого параметру для актуалізації, після чого проводиться пошук і включення до вибірки всіх правил продукції, які містять актуальний тип умови вирощування. Далі здійснюється видалення з вибірки всіх правил продукції, значення антецедентів яких не відповідає значенню вхідного параметра даної умови

вирощування. Результатом виконання Кроку 1 методу є додавання одержаних правил до відпочатку порожньої вибірки актуальних правил продукції.



Рисунок 2.4 – Схема методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур

Далі при виконанні методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур виконується перевірка, чи залишились неопрацьовані вхідні параметри умов вирощування, за якими на Кроці 1 виконувався пошук відповідних правил продукції. Якщо виявляється, що є неопрацьовані вхідні параметри умов вирощування, то тоді виконується вибір наступного виду параметру для обробки і виконання направляється на повторення Кроку 1,

тільки на наступній ітерації кроку буде обрано для актуалізації наступний неопрацьований параметр. Якщо ж виявляється, що всі вхідні параметри умов вирощування опрацьовано, то виконується Крок 2 методу.

Крок 2 методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур забезпечує активацію актуальних правил продукції. Для цього спершу проводиться основна дія – обрахунок сумарних консеквентів для кожного об'єктів впливу (сортів), за якої виконується сумування консеквентів всіх правил із результируючої вибірки актуальних правил продукції, які стосуються кожного із сортів агрокультур окремо.

Далі проводиться сортування вибірки сортів рослин за значеннями їх сумарних консеквентів та формування вихідних даних у вигляді впорядкованої множини рекомендованих до вирощування у заданих умовах сортів рослин.

Вихідними даними методу є впорядкована за значеннями сумарних консеквентів множина рекомендованих до вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості.

Таким чином, розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин з числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.

### **2.3 Формальне подання умов вирощування в методі прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

Кінцевою метою застосування методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур є автоматизоване одержання числових оцінок та відповідних цільових текстів рекомендацій щодо прогнозування

ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

Ці дії виконуються за задалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур визначено наступні:

- тип ґрунту ( $G_t$ );
- вологість ґрунту ( $P_v$ );
- середньодобова температура сезону ( $T$ );
- кислотність ґрунту ( $P_h$ );
- кліматичний пояс ( $C_p$ );
- кут нахилу схилу ( $A$ );
- сторона повороту схилу ( $T_a$ );
- висота земельної ділянки над рівнем моря ( $H$ ).

Таким чином, множина умов вирощування агрокультур  $M$  для визначення ефективності вирощування агрокультур буде мати наступний вигляд:

$$M = \langle G_t, P_v, T, P_h, C_p, A, T_a, H \rangle \quad (2.1)$$

Тип ґрунту обирається із множини значень:

$$G_t = \{ \text{Піщаний, Глинистий, Кам'янистий, Торф'яно-болотяний, Суپیщаний, Суглинний, Дерново-підзолистий, Сірий лісовий, Чорнозем, Каштановий} \}. \quad (2.2)$$

$P_v$  виражається у відсотках від 0 до 100% ( $P_v = \overline{0..100}$ ).

За показниками кислотності ( $P_h$ ) ґрунти поділяють на класи:

- дуже сильнокислі ( $P_h < 4,0$ );

- сильнокислі ( $P_h = 4,1-4,5$ );
- кислі ( $P_h = 4,5-5,0$ );
- слабокислі ( $P_h = 5,0-5,5$ );
- близькі до нейтральних ( $P_h = 5,5-6,0$ );
- нейтральні ( $P_h = 6,0-7,0$ );
- лужні ( $P_h > 7,0$ ).

Для більшості рослин оптимальний рівень  $P_h$  дорівнює 6,0-6,5. У випадку невідповідності показника  $P_h$  потребам рослин не тільки знижуються показники врожайності, а й значно страждає якість кінцевої продукції [17].

Кліматичний пояс ( $C_p$ ) обирається із множини значень:

$$C_p = \{ \text{Арктичний, Помірний, Тропічний, Екваторіальний, Антарктичний} \}. \quad (2.3)$$

Кожен кліматичний пояс має певні характерні рослини, які найкраще ростуть саме там.

Для росту і розвитку агрокультур дуже важливим чинником є температура, при виборі відповідних сортів рослин для городу потрібно враховувати розташування городу, висоту ділянки над рівнем моря, світла і тому подібне. Ділянка схилу що звернена на північ, у порівнянні з рівниною холодніше на 30-40%, а схили, повернуті до півдня, на 10% тепліше, ніж рівнинний город. Найхолодніше також на тих городах, які розташовані вище рівня моря. Із збільшенням висоти над рівнем моря, знижується середня температура (кожних 300 метрів приблизно на 1,5 °C) [18].

Сторона повороту схилу  $T_a = \{0,1\}$ . Значення 0 буде у тому випадку, якщо ділянка повернута на північ, 1 – якщо повернута на південь.

Відповідно, температура у залежності від висоти над рівнем моря та нахилу буде корегуватись за правилом (2.4 та 2.5):

$$T = T - (H / 300) * 1.5 \quad (2.4)$$

$$T = \begin{cases} T + T \cdot (A \cdot 0,1), & \text{якщо } T_a = 1 \\ T + T \cdot (-A \cdot 0,3), & \text{якщо } T_a = 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Одержана множина визначає сукупність параметрів, мінімально достатню для реалізації задачі прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Таким чином, серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур визначено наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

#### **2.4 Інформаційна технологія автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур**

Інформаційна технологія автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур. На Рисунку 2.5 зображено схему інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

Вхідними даними інформаційної технології є відомості з бази даних, бази знань і дані для обробки у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

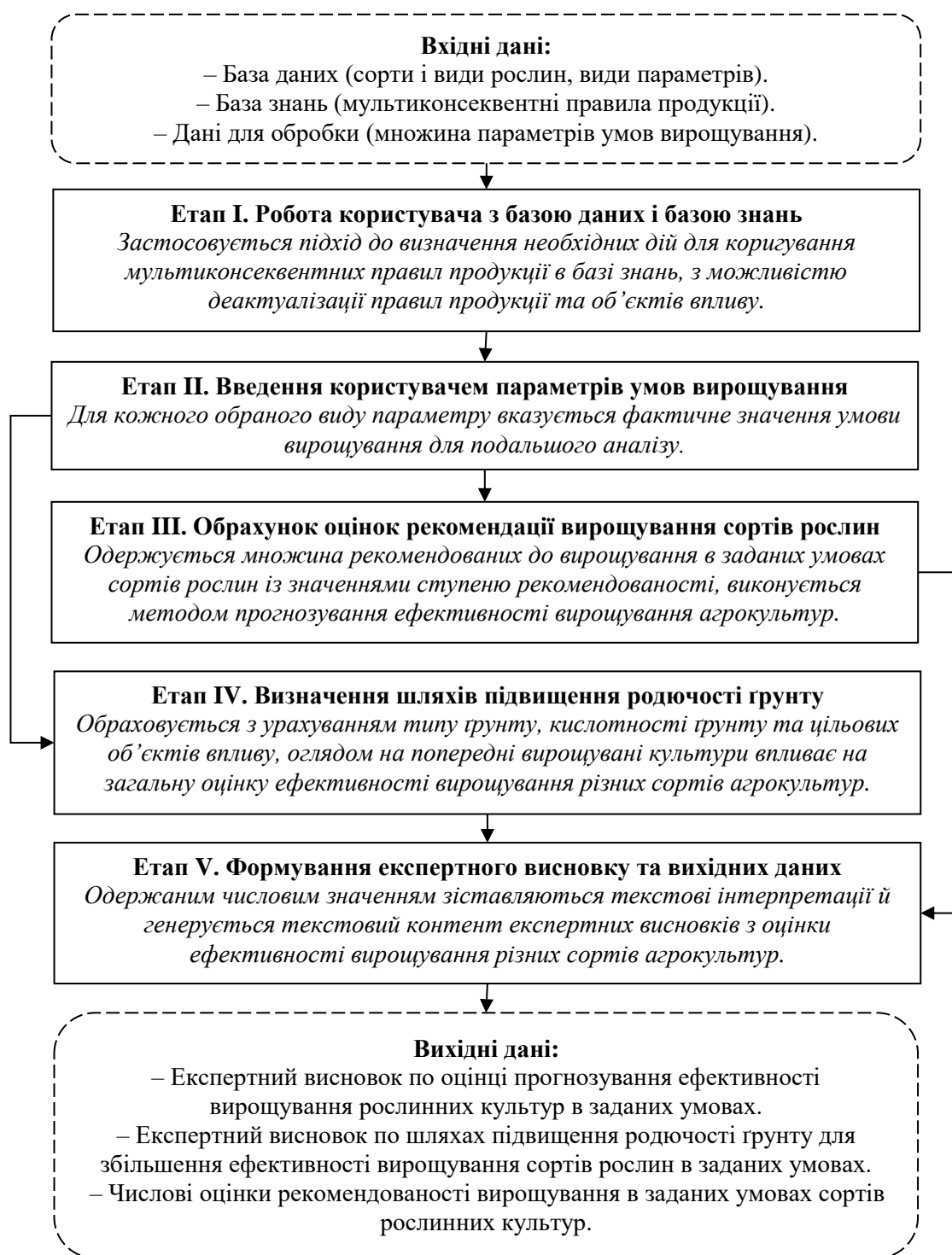


Рисунок 2.5 – Схема інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

Етап I інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур забезпечує роботу

користувача з базою даних і базою знань. Для цього застосовується підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань, з можливістю деактуалізації правил продукції та об'єктів впливу.

Етап II інформаційної технології надає користувачу можливість введення параметрів умов вирощування. Для кожного обраного виду параметру вказується фактичне значення умови вирощування для подальшого аналізу.

На Етапі III виконується обрахунок оцінок рекомендації вирощування сортів рослин, в результаті одержується множина рекомендованих до вирощування в заданих умовах сортів рослин із значеннями ступеню рекомендованості. Всі дії даного етапу інформаційної технології виконується шляхом застосування методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

Паралельно з Етапом III виконується Етап IV, на якому відбувається визначення шляхів підвищення родючості ґрунту. Показники обраховуються з урахуванням типу ґрунту, кислотності ґрунту та цільових об'єктів впливу, оглядом на попередні вирощувані культури впливає на загальну оцінку ефективності вирощування різних сортів агрокультур.

Результати виконання Етапу III та Етапу III подаються на Етап V для формування експертного висновку та вихідних даних. При цьому одержаним числовим значенням зіставляються текстові інтерпретації й генерується текстовий контент експертних висновків з оцінки ефективності вирощування різних сортів агрокультур.

Вихідні дані інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур складають експертний висновок по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур в заданих умовах, експертний висновок по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування

сортів рослин в заданих умовах та числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

Таким чином, було розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

Етапи роботи інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур виконуються з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

## **Висновки до розділу 2**

В розділі досліджено особливості використання мультиконсеквентних правил продукції у задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. Оскільки зміна значень параметрів умов вирощування агрокультур впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з придатних до вирощування сортів рослин, то визначено доцільним використання множини мультиконсеквентних правил продукції для експертного прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

Розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування

автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин з числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.

Також в розділі розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

### **Розділ 3**

## **Інформаційна система автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур**

### **3.1 Архітектура інформаційної системи**

З метою проведення дослідження ефективності методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, згідно інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка використовує цей метод, потрібно розробити прикладну інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

Інформаційна система дозволяє за створеною інформаційною технологією автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур і підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

Архітектуру інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур подано на Рисунку 3.1. Інформаційна система автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур складається з бази даних, бази знань та семи функціональних підсистем, які мають різне призначення: редактор бази даних системи, інтерфейс експерта для роботи з базою знань системи, інтерфейс користувача для роботи з експертною системою, експертна підсистема прогнозування ефективності вирощування сортів рослин, підсистема пояснень з ефективності вирощування сортів рослин, експертна

підсистема визначення шляхів підвищення родючості ґрунту та підсистема пояснень з визначення шляхів підвищення родючості ґрунту.



Рисунок 3.1 – Архітектура інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

В базі даних містяться відомості: параметри і умови вирощування, багатобічність рослинних культур, актуальності елементів БД, агрокультури, ситуації для аналізу, вхідні дані ситуацій збережених прогнозувань, вихідні

дані ситуацій збережених прогнозувань. В *базі знань* містяться відомості: правила, типи правил, консеквенти правил (причини), антецеденти правил (наслідки).

*Редактор бази даних системи* надає можливість додавати, редагувати та видаляти дані сортів і видів рослин, видів параметрів, перегляду раніше обрахованих результатів).

*Інтерфейс експерта для роботи з базою знань системи* забезпечує виконання функцій додавання, видалення та коригування мультиконсеквентних правил продукції та їх компонентів антецедентів та консеквентів.

*Інтерфейс користувача для роботи з експертною системою* дозволяє виконувати введення користувачем параметрів наявних умов вирощування для аналізу, одержання результатів роботи системи у вигляді експертних висновків та оцінок рекомендованості вирощування сортів рослинних культур.

*Експертна підсистема прогнозування ефективності вирощування сортів рослин* забезпечує автоматизований обрахунок методом прогнозування ефективності вирощування агрокультур оцінок рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослин

*Підсистема пояснень з ефективності вирощування сортів рослин* призначена для генерації текстового контенту експертного висновку, зіставлення текстових інтерпретацій числовим значенням оцінок ефективності вирощування різних сортів агрокультур.

*Експертна підсистема визначення шляхів підвищення родючості ґрунту* забезпечує автоматизоване визначення прийнятних інструкцій для підвищення родючості ґрунту з урахуванням типу ґрунту, кислотності ґрунту та цільових об'єктів впливу, оглядом на попередні вирощувані культури.

*Підсистема пояснень з визначення шляхів підвищення родючості ґрунту* призначена для генерації текстового контенту експертного висновку з поясненнями рішень за інструкціями з підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин в заданих умовах.

Таким чином, розроблено інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур і підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

### **3.2 Аргументація вибору комбінації засобів розробки інформаційної системи**

Для вибору СКБД при розробці інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур було проаналізовано 3 найпопулярніші на сьогоднішній день рішення: SQL Server, MySQL та PostgreSQL [19].

SQL Server представляє собою систему керування реляційною базою даних, тобто це програмне забезпечення, яке відповідає за керування інформацією певної платформи. Щоб така інформація була доступною і для сервера, і для клієнта, саме тому він є основою онлайн-серверів, оскільки він працює як менеджер бази даних, яка зберігається та обмінюється між різними групами [20]

Стандартне видання SQL Server пропонує базове керування даними та базу даних бізнес-аналітики для відділів і невеликих організацій для запуску

своїх програм. Також підтримує загальні інструменти розробки локально та в хмарі, забезпечуючи ефективне керування БД із мінімальними ІТ-ресурсами.

Зокрема, SQL Server не просто механізм баз даних, він надає багато інших послуг, інструментів і програм.

Серед функцій та інструментів, які він інтегрує для сфери бізнесу, можна знайти [20]:

- Служби якості даних SQL Server – створення бази знань і очищення даних.
- Служби основних даних SQL Server – комплексне керування даними.
- Служби SQL Server Analysis Services – онлайнний аналіз даних та аналітична обробка.
- Служби звітів SQL Server – звіти та візуалізація.

Microsoft також пропонує багато інших продуктів, які добре працюють із SQL Server. Наприклад, під час розробки процесів ETL за допомогою SSIS можна використовувати інструменти даних SQL Server для Visual Studio.

Переваги Microsoft SQL Server [20]:

- Однією з основних цілей Microsoft SQL Server є забезпечення безпеки бази даних, особливо за допомогою служби керування базою даних із самого SQL Server.
- Простота налаштування. На відміну від інших програм адміністрування баз даних, установка та налаштування Microsoft SQL Server простіше. Для встановлення програмного забезпечення не потрібен певний набір інструментів, а оновлення відбуваються повністю автоматично.
- Оптимізоване зберігання даних. З Microsoft SQL Server не потрібно мати інше сховище даних для тієї ж бази даних, якщо ви використовуєте інший пристрій.

– Підтримка відновлення даних. У разі відключення електроенергії або вимкнення сервера дані можуть пошкодитися, що є великою проблемою для компаній, які не зберігають резервних копій. Microsoft SQL Server усуває ризик втрати даних завдяки функціям відновлення та відновлення даних.

Все ж варто зазначити, що Microsoft SQL Server має декілька незначних недоліків [20]:

– Обмежена сумісність.

– Додаткові інвестиції в програмне забезпечення Microsoft можуть знадобитися, якщо бізнес мало використовує інфраструктуру Microsoft або зовсім не використовує її.

– Апаратні обмеження. Для роботи новіших версій Microsoft SQL Server потрібні передові технології. Отже, якщо обладнання переважно старе, можливо, доведеться інвестувати в новіші машини, щоб використовувати Microsoft SQL Server.

– Вартість. Але при цьому є можливість використовувати безкоштовну версію Microsoft SQL Server.

MySQL. СКБД MySQL є менеджером баз даних, і на даний момент одним із найбільш використовуваних і визнаних на ринку. Особливо, коли справа доходить до веб-розробки, вона вважається найпопулярнішою базою даних з відкритим вихідним кодом у світі [21]

Здебільшого він використовується разом із веб-серверами, де пов'язаний із веб-додатками чи CMS для онлайн-сайтів, таких як Wordpress, Joomla!, Drupal тощо. Коли справа доходить до такого типу розробки, він тісно пов'язаний з PHP.

MySQL є системою реляційної бази даних, що означає, що вона архівує дані в окремих таблицях замість того, щоб зберігати всі дані в одному великому файлі, що забезпечує більшу швидкість і гнучкість. Ці таблиці пов'язані певним чином, що дає змогу об'єднувати різні дані в кількох таблицях і з'єднувати їх.

Переваги [21]:

- MySQL безкоштовний у використанні.
- Для виконання програми не обов'язково мати високопродуктивне обладнання або програмне забезпечення.
- Простота установки та налаштування.
- Підтримка майже 100% поточних операційних систем.
- Низька ймовірність пошкодження даних.
- Середовище з безпекою та шифруванням.

Недоліки [21]:

- Будучи вільним програмним забезпеченням, багато рішень щодо недоліків програмного забезпечення не задокументовані та не містять офіційної документації.
- Продуктивність програм слід контролювати/моніторити на наявність несправностей.
- Він не інтуїтивно зрозумілий, як інші програми (ACCESS).
- Він не настільки ефективний у програмах, які вимагають постійної модифікації запису в BD.

СКБД PostgreSQL. PostgreSQL є однією з найстаріших, але найдосконаліших СКБД з відкритим кодом. Він керується та підтримується яскравим і незалежним джерелом спільноти, який активно надає підтримку та допомагає вирішувати проблеми під час роботи з PostgreSQL. Його можна запускати на різних платформах, таких як Windows, Linux і Mac [22].

Його можуть використовувати програміст, менеджер проєктів, системний адміністратор або будь-який професіонал із програмного забезпечення для створення продуктів, веб-сайтів, інструментів тощо. Через його стабільність він вимагає мінімального обслуговування. Він дозволяє визначати власні типи даних, типи індексів і дозволяє розробити користувацький плагін для відповідності вимогам.

Переваги [22]:

- Коментарі до коду.
- Параметри. Метою параметрів є інтелектуальне налаштування, і якщо потрібно його змінити, можна подивитися інструкцію, визначити, що це таке, і змінити параметр.
- Розширюваність. Ще одна важлива особливість Postgres полягає в тому, що він дуже розширюваний.
- Функція безпеки. Сам Postgres має функції, пов'язані з безпекою, а також розширення, які можна використовувати для підвищення безпеки.

Недоліки PostgreSQL [22]:

- Структура бази даних. База даних у Postgres зазвичай використовується як реляційна база даних;
- Відкрите джерело. Postgres є програмою баз даних з відкритим вихідним кодом і, отже, не належить одній конкретній організації.
- Повільніша продуктивність.

Врахувавши всі вищеописані переваги та недоліки, було прийнято рішення у якості СКБД використовувати Microsoft SQL Server.

Для вибору платформи для розробки було розглянуто та проаналізовано дві найпопулярніші платформи: .Net та Java.

Сімейство розробників .Net складається з кількох компонентів. Усі вони наразі підтримуються корпорацією Microsoft і дозволяють розробляти різноманітні програмні рішення [23].

.Net Framework є відносно зрілою технологією. Microsoft випустила його в 2002 році як спробу створити стандартну технологію для продуктів, призначених для комп'ютерів на базі Windows. Природно, з того часу структура сильно змінилася. Тепер він має різноманітні функції та можливості, які можуть задовольнити навіть найскладніші бізнес-потреби. Зокрема, .Net Framework дозволяє розробляти, розгортати та запускати

складні служби, настільні та веб-додатки. Ось чому він часто використовується як основна технологія для корпоративних рішень.

Загалом, архітектура .Net Framework складається з таких компонентів, як [23]:

- Common Language Runtime. Це програмне середовище, в якому виконується програма;

- Бібліотека класів Framework. Це набір загальних функцій, які пропонує .Net Framework;

- WinForms, ASP.NET і ADO.NET. Це інструменти для створення програм на C# та .Net, а також для маніпулювання даними.

Перевагами платформи .Net є [23]:

- .Net Framework базується на моделі об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). Ця модель ділить програмне забезпечення на невеликі частини, що полегшує керування, тестування та виправлення, якщо виникають проблеми.

- Проста система кешування. Тонка, але надійна система кешування також є однією з найважливіших переваг .Net Framework.

- Visual Studio. Visual Studio – це інтегроване середовище розробки Microsoft (IDE), яке дозволяє створювати, тестувати та запускати програмні продукти на різних платформах.

- Спрощене розгортання та пост-розробка .Net Framework має багато функцій, які значно полегшують розгортання та обслуговування продуктів

- Надійність і підтримка Microsoft. Ще одна велика перевага розробки .Net полягає в тому, що ця технологія підтримується Microsoft;

- Велика громада. Статистика показує, що близько 9,5% усіх веб-сайтів базуються на фреймворку ASP.NET. Це кожен десятий веб-сайт у світі.

Недоліки [23]:

– Ціни. Проте .Net Foundation має багато продуктів з відкритим вихідним кодом.

Технологія .Net приносить багато переваг процесу розробки. Об'єктно-орієнтоване програмування робить частину кодування легшою та швидшою, що зазвичай означає менші витрати на розробку для клієнта.

Платформа Java. Платформа Java – це середовище для розробки та керування аплетами та програмами Java. Вона складається з трьох основних компонентів: мови Java, пакетів Java і віртуальної машини Java [24].

Java – це не тільки мова програмування, але й екосистема інструментів, що охоплює майже все, що може знадобитися під час програмування на Java. До неї входять [24]:

- Java Development Kit (JDK) – комплект розробника Java.
- Java Runtime Environment (JRE) – виконуюча система Java.
- Integrated Development Environment (IDE) – інтегроване середовище розробки. Інструменти, які допомагають запускати, редагувати та компілювати код.

Java довела, що C – процедурний, керований вручну і залежить від платформи код – це не межа досконалості. Завдяки Java все більше людей почали застосовувати об'єктно-орієнтоване програмування (ООП), яке зараз використовується повсюдно.

Плюси програмування на Java [24,25]:

- Java включає ООП – концепцію, в якій не тільки можна визначити тип даних і його структуру, а й набір функцій, що застосовуються до нього.
- Java – мова високого рівня з простим синтаксисом та плавною кривою навчання. Вона схожа на людську мову.
- Стандарт для корпоративних обчислювальних систем. Корпоративні програми – головна перевага Java з 90-х років, коли організації почали шукати надійні інструменти програмування не на C.

– Незалежність від платформи («Написати один раз і використовувати скрізь») "Написати один раз і використовувати скрізь" (WORA) – популярна в IT-сфері фраза, за допомогою якої Sun Microsystems описує крос-платформні можливості Java;

– Автоматичне керування пам'яттю. Розробникам Java не потрібно вручну писати код для керування пам'яттю завдяки автоматичному управлінню пам'яттю (АММ).

Мінуси [25]:

– Платне комерційне використання. Нещодавно Oracle оголосила, що з 2019 року компанія почне стягувати плату за використання Java Standard Edition 8 у комерційних цілях. Плата залежить від кількості користувачів чи комп'ютерів.

– Відсутність нативного дизайну Для створення графічного інтерфейсу користувача (GUI) розробники використовують різні інструменти, орієнтовані конкретної мови. Для Android-програм є Android Studio, яка допомагає створювати програми з нативним дизайном.

– Багатослівний та складний код

– Низька продуктивність. У будь-якої мови високого рівня досить низька продуктивність через компіляцію та абстракцію за допомогою віртуальної машини. Однак це не єдина причина низької швидкості Java. Наприклад, програма очищення пам'яті: це корисна функція, яка, на жаль, призводить до значних проблем із продуктивністю, якщо потребує більше 20 відсотків часу процесора.

Враховуючи вищеописані переваги та недоліки платформ, та враховуючи що у якості програмного засобу буде створюватись windows-application, було прийнято рішення обрати платформу .Net.

У рамках платформи для вибору мови програмування було проаналізовано C# та F#.

Мова C# [26] – сучасна, універсальна, об'єктно-орієнтована мова програмування, розроблена фірмою Microsoft. Дана мова дуже проста для вивчення, заснована на мовах C і C++.

Синтаксис мови C# дуже виразний, також простий і легкий для вивчення. Будь-хто може миттєво розпізнати синтаксис C# із фігурними дужками, хто знає мову C, C++ або Java.

Еволюція мови програмування C#.

Раніше Microsoft створювала цю мову лише для додатків Windows, але після цього почали використовувати цю мову для консолі, android та ios, крім того, C# почали використовувати з програмним забезпеченням машинного навчання.

Переваги мови C# повинен знати кожен програміст або ті, хто цікавиться мовою програмування. Є багато переваг та особливостей мови C#, що роблять її більш корисною мовою програмування, ніж інші мови програмування, такі як Java, C, C++ тощо.

Переваги [26]:

– Об'єктно-орієнтована. C# є чисто об'єктно-орієнтованою мовою, тому вона дозволяє створювати модульні додатки, які можна підтримувати.

– Кроссплатформенність. Найважливішою вимогою до програмування на C# є платформа NET.

– Автоматичний збір сміття. У програмуванні на C# встановлена дуже ефективна система, яка автоматично збирає та стирає сміття, наявне в системі.

– Головною перевагою мови C# є надійне резервне копіювання пам'яті. Мова програмування C# містить резервну копію великої кількості пам'яті, тому проблема витоку пам'яті та інших подібних проблем не виникає, як це відбувається у випадку мови C++;

- Легкість у розробці. Мова C# має багатий клас бібліотек, які полегшують реалізацію багатьох функцій. Мова програмування C# впливає на більшість програмістів у світі та має історію в світі програмування;

- Інтеграція. Програма, написана на .NET, матиме кращу інтеграцію та здатність інтерпретації порівняно з іншими технологіями NET. Програмування на C# працює на C.L.R, що полегшує інтеграцію з компонентами, написаними іншими мовами.

- Витрати на технічне обслуговування менші та безпечніший у порівнянні з іншими мовами.

- Властивості та індексатори. Програмування на C# має такі функції, як властивості та індексатори.

- Популярність. На мові можна розробляти власні програми для iOS, Android і Windows Phone за допомогою платформи Xamarin.

- Потужність. C# є найпотужнішою мовою програмування для .NET Framework.

Однак, незважаючи на такі значимі переваги, варто зазначити що все ж мова має декілька незначних недоліків [26]:

- C# повністю заснована на платформі Microsoft .Net, тому ця мова не є гнучкою;

- C# може бути повільною для завантаження – будь-які зміни коду C# вимагатимуть перекомпіляції.

F# функціональна мова програмування, яка дозволяє швидко писати точний і підтримуваний код. Програмування на F# здебільшого включає визначення автоматично спрощених форм і функцій. Це допомагає зосередитися на програмуванні інформації про проблемну область та маніпулювати її даними. Для платформи .NET, розробленої командою Microsoft Research, F# є сучасною функціональною мовою. Ця версія розроблялася з 2005 року і була випущена в грудні 2013 року у версії 3.1 [27]

F# був хороший для зростання даних і домену. Тепер його також можна конвертувати в найпоширенішу мову в світі – JavaScript. Він також має доступ до величезних бібліотек і баз пристроїв JavaScript через це захищене з'єднання.

Проте, F# має ряд недоліків [27]:

- Іменування є більш складним.
- F# не має функції перевантаження, як C# для методів. Таким чином, дві функції F#, які зберігаються в одному модулі, не можуть мати однакову назву.
- Більш складні структури даних. Більш складні структури даних передбачають ефективне маніпулювання за допомогою методу трансформації над мутацією. Наприклад, двійкове дерево у F# має використовуватися замість хеш-таблиці, як у C#.
- Менш розширені інструменти. Корпорація Майкрософт витрачає багато коштів на створення для програмістів C# правильних інструментів. На жаль, не так багато ресурсів F#, які роблять кодування менш зручним. У F# немає основних методів рефакторингу.

Отже, після аналізу цих мов, було прийнято рішення для розробки інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур використовувати мову програмування C#.

Отже, було проаналізовано переваги доступних засобів розробки інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, створеної відповідно до інформаційної технології, й для розробки інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур було визначено використати платформу .NET, мову програмування C#, середовище розробки Visual Studio 2019 та СКБД Microsoft SQL Server.

### 3.3 Структура і взаємозв'язок модулів інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

Для розроблюваної інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур згідно з поставленими задачами було створено діаграму класів, яка використовувалась при створенні прикладної реалізації інформаційної системи. Розроблена діаграма класів наведена на рисунку 3.2

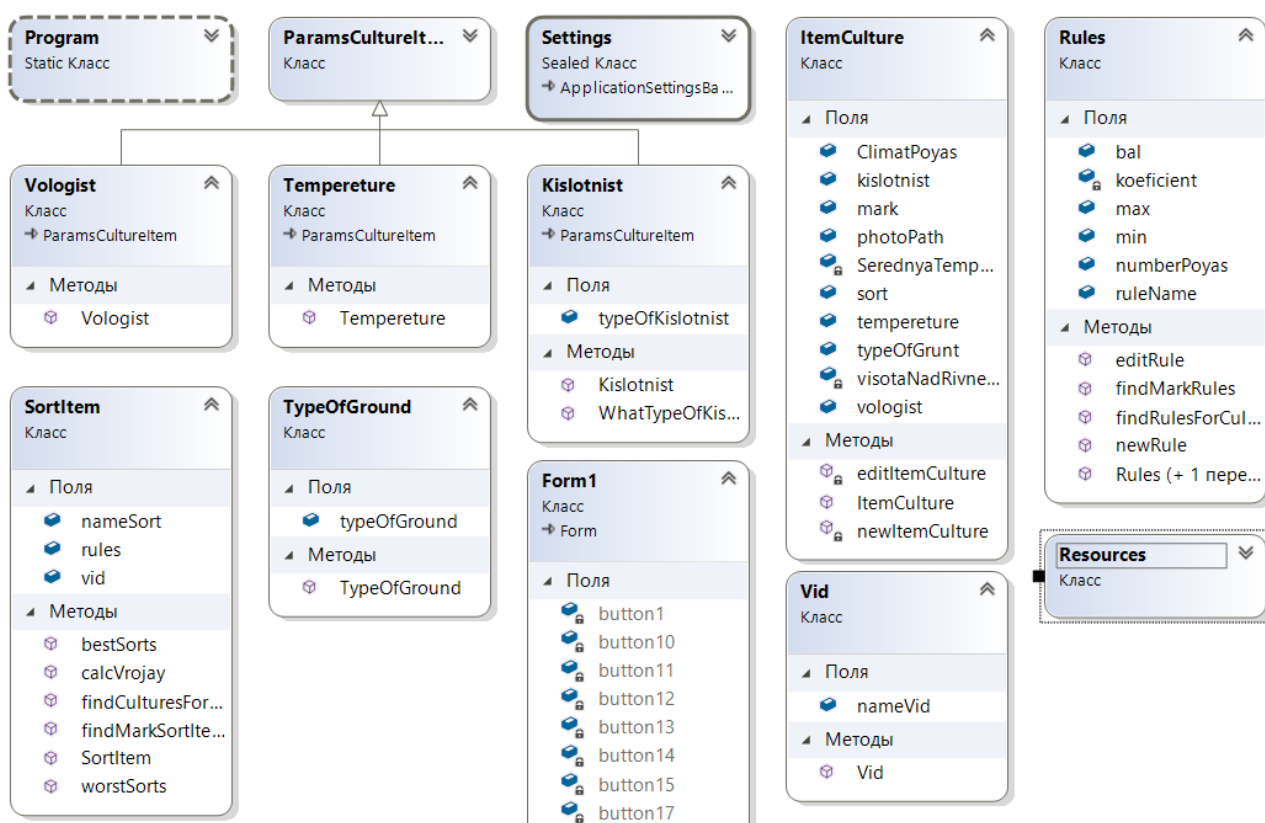


Рисунок 3.2 – Діаграма класів інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

На базі класу ItemCulture створюється масив культур, який має набір характеристик, притаманний їм для ідеальних умов росту та високого

врожаю. Всі характеристики мають мінімальне допустиме значення та максимальне допустиме значення. До прикладу, характеристика класу `kislotnist` є об'єктом класу `Kislotnist`, який у свою чергу має властивості `minValue` та `maxValue`, а також властивість `realValue`, яка використовується коли потрібно оцінити конкретну культуру у зазначених користувачем параметрах. Також у класі `ItemCulture` є конструктор та додати та редагувати культуру `newItemCulture()` та `editItemCulture()` відповідно.

Класи `Kislotnist`, `Temperature` та `Vologist` мають схожу структуру та унаслідуються від класу `ParamsCultureItem`. У батьківського класу є набір характеристик, які необхідні трьом перерахованим класам, а саме діапазони допустимих значень.

Клас `SortItem` містить інформацію про сорт культури, а також масив правил на базі класу `Rules`. Також у якості характеристики є вид рослини та ім'я сорту. Щодо методів, тут реалізовані такі:

- `findMarkSortItem()` – метод для знаходження оцінки культури;
- `findCulturesForRule()` – метод для знаходження всіх культур, для яких діє певне правило;
- `bestSorts()` – метод для визначення найкращого сорту для вирощування при певних характеристиках;
- `worstSorts()` – метод для визначення найгіршого сорту для вирощування при певних характеристиках;
- `calcVroжай()` – метод для прогнозованого врожаю по параметрах ґрунту та площі посіву.

У класі `Rules` окрім характеристик правила є ще ваговий коефіцієнт (`coeficient`). З методів доступних у цьому класі є такі:

- два конструктора класу (в залежності від потрібної кількості вхідних параметрів). Є параметри що не мають мінімального і максимального значення, а лише одне допустиме (до прикладу, кліматичний пояс);

- findMarkRules() – метод для знаходження оцінки правила (не сорту);
- findRulesForCulture() – метод для знаходження всіх правил для заданої культури;
- editRule() – редагування існуючого правила;
- newRule() – створити нове правило.

Вся решта функціональності реалізована безпосередньо у класі Form1, у якому реалізовано користувацький інтерфейс.

Таким чином, на основі вищеописаних класів було створено архітектуру модулів інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

### **3.4 Проєктування структури бази даних інформаційної системи**

Для повноцінного функціонування будь-якої інформаційної системи необхідна база даних, в якій буде забезпечено відповідні зв'язки, наявність усіх необхідних полів для збереження інформації. Щоб попередити можливість створення помилки при розробці БД, необхідно створити її структуру та відповідно до неї створити таблиці й заповнити їх необхідними початковими даними. База даних – це упорядкований набір логічно взаємопов'язаних даних, що використовується спільно, та призначений для задоволення інформаційних потреб користувачів [28].

В базі даних інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур об'єднано містяться відомості, що структурно належать як до бази даних, так і до бази знань. В базі даних містяться відомості: параметри і умови вирощування, багатобічність рослинних культур, актуальності елементів БД, агрокультури, ситуації для аналізу, вхідні дані ситуацій збережених прогнозувань, вихідні дані ситуацій збережених прогнозувань. В базі знань містяться відомості:

правила, типи правил, консеквенти правил (причини), антецеденти правил (наслідки). Розроблена структура бази даних інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур представлена на рисунку 3.3.

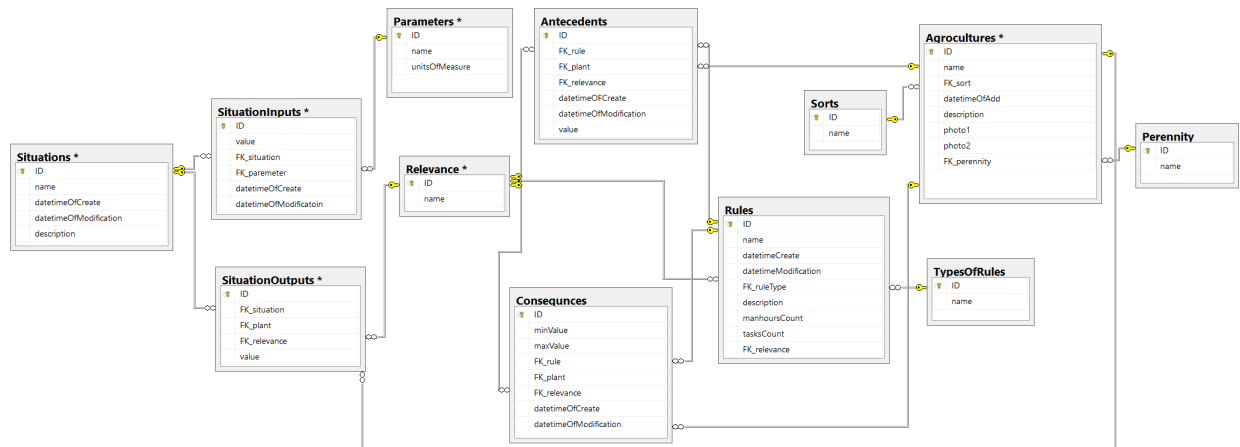


Рисунок 3.3 – Структура бази даних (даталогічна модель) інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

На основі розробленої структури бази даних інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур були створені та заповнені початковими даними відповідні таблиці.

Так, таблиця «Parameters» (таблиця 3.1) призначена для збереження інформації про параметри, а саме їх ім'я та одиниці виміру.

Таблиця 3.1 – Атрибути таблиці «Parameters»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва параметру
3.	unitsOfMeasure	varchar(50)	Одиниці виміру

Таблиця «Perennity» (таблиця 3.2) була створена для збереження інформації щодо параметру багаторічності.

Таблиця 3.2 – Атрибути таблиці «Perennity»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва значення

Таблиця «TypesOfRules» (таблиця 3.3) створена для збереження інформації щодо типів правил, а саме їх назв.

Таблиця 3.3 – Атрибути таблиці «TypesOfRules»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва типу правила

Таблиця «Relevance» (таблиця 3.3) призначена для збереження назви значення актуальності.

Таблиця 3.3 – Атрибути таблиці «Relevance»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва типу актуальності

Таблиця «Rules» (таблиця 3.4) створена для збереження інформації щодо існуючих правил, а саме містить поля: назви правила, дати й часу створення та модифікації правила, відповідний тип правила, його опис,

кількість витрачених людино-годин, кількість задач та відповідне значення актуальності.

Таблиця 3.4 – Атрибути таблиці «Rules»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва правила
3.	datetimeCreate	datetime	Дата й час створення правила
4.	datetimeModification	datetime	Дата й час модифікації правила
5.	FK_ruleType	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «TypesOfRules» для співставлення з відповідним типом правил
6.	description	varchar(500)	Додатковий опис правила
7.	FK_relevance	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Relevance» для співставлення з відповідним типом актуальності

Таблиця «Sorts» (таблиця 3.5) призначена для збереження назв сортів агрокультур.

Таблиця 3.5 – Атрибути таблиці «Sorts»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва сорту

Таблиця «Agrocultures» (таблиця 3.6) створена для збереження інформації про агрокультури, наявні в БД. Містить наступні поля: назву агрокультури, відповідний запис сорту, дату й час додання та модифікації запису, опис та фотографії рослини, а також значення багаторічності культури.

Таблиця 3.6 – Атрибути таблиці «Agrocultures»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва рослини
3.	FK_sort	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Sorts» для співставлення з відповідним сортом рослини
4.	datetimeOfAdd	datetime	Дата й час додання запису в таблицю
5.	description	varchar(500)	Опис рослини
6.	photo1	varbinary(MAX)	Фото рослини
7.	photo2	varbinary(MAX)	Фото рослини
8.	FK_perennity	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Perennity» для співставлення з відповідним значенням багаторічності

Таблиця «Situations» (таблиця 3.7) призначена для збереження даних щодо ситуацій, а саме: назву ситуації, дату й час створення та модифікації та детальний опис ситуації.

Таблиця 3.7 – Атрибути таблиці «Situations»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	name	varchar(50)	Назва ситуації
3.	datetimeOfCreate	datetime	Дата й час додання запису в таблицю
4.	datetimeOfModification	datetime	Дата й час модифікації ситуації
5.	description	varchar(500)	Опис ситуації

Таблиця «Consequences» (таблиця 3.8) призначена для збереження інформації щодо консеквентів, тобто причин. Таблиця містить наступні поля:

мінімальне та максимальне значення, відповідне значення правила, відповідне значення рослини, відповідне значення актуальності, дату й час створення та модифікації.

Таблиця 3.8 – Атрибути таблиці «Consequences»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	minValue	float	Мінімальне значення
3.	maxValue	float	Максимальне значення
4.	FK_rule	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Rules» для співставлення з відповідним значенням правила
5.	FK_plant	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Agrocultures» для співставлення з відповідним значенням агрокультури
6.	FK_relevance	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Relevances» для співставлення з відповідним значенням актуальності
7.	datetimeOfCreate	datetime	Дата й час додання запису до таблиці
8.	datetimeOfModification	datetime	Дата й час додання модифікації запису

Таблиця «Antecedents» (таблиця 3.9) створена для збереження даних antecedentів, тобто наслідків. Таблиця містить наступні поля: відповідне значення правила, відповідне значення рослини, відповідне значення актуальності, дату й час створення та модифікації та значення.

Таблиця 3.9 – Атрибути таблиці «Antecedents»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	FK_rule	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Rules» для співставлення з відповідним значенням правила
3.	FK_plant	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Agrocultures» для співставлення з відповідним значенням агрокультури
4.	FK_relevance	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Relevances» для співставлення з відповідним значенням актуальності
5.	datetimeOFCreate	datetime	Дата й час додання запису до таблиці
6.	datetimeOfModification	datetime	Дата й час модифікації запису
7.	value	float	Значення

Таблиця «SituationInputs» (таблиця 3.10) створена для збереження даних щодо вхідних ситуацій. Таблиця містить наступні поля: значення вхідного параметру, відповідний запис ситуації, відповідний параметр, дату й час створення та модифікації.

Таблиця «SituationOutputs» (таблиця 3.11) призначена для збереження даних щодо вихідних ситуацій. Містить наступні поля: відповідний запис ситуації, відповідний запис агрокультури, відповідне значення актуальності та значення вихідного параметру.

Таблиця 3.10 – Атрибути таблиці «SituationInputs»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	value	float	Значення вхідного параметру
3.	FK_situation	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Situations» для співставлення з відповідною ситуацією
4.	FK_paremeter	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Parameters» для співставлення з відповідним параметром
5.	datetimeOfCreate	datetime	Дата й час додання запису до таблиці
6.	datetimeOfModificatoin	datetime	Дата й час модифікації запису

Таблиця 3.11 – Атрибути таблиці «SituationOutputs»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	ID	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці
2.	FK_situation	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Situations» для співставлення з відповідною ситуацією
3.	FK_plant	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Plants» для співставлення з відповідною агрокультурою
4.	FK_relevance	int	Вторинний ключ, посилання на запис таблиці «Relevance» для співставлення з відповідним значенням актуальності
5.	value	float	Значення вхідного параметру

Результатом виконання розділу є створена БД інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур із відповідними таблицями та полями у них. Розроблена згідно

наведеної структури БД забезпечує можливість збереження даних роботи інформаційної системи, що структурно належать як до бази даних (параметри і умови вирощування, багатобічність рослинних культур, актуальності елементів БД, агрокультури, ситуації для аналізу, вхідні дані ситуацій збережених прогнозувань, вихідні дані ситуацій збережених прогнозувань), так і до бази знань (правила, типи правил, консеквенти правил, антецеденти правил) інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

### **Висновки до розділу 3**

У розділі було розроблено інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур і підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

Також в розділі було проаналізовано переваги доступних засобів розробки інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, створеної відповідно до інформаційної технології, й для розробки інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур було рекомендовано використати платформу .NET, середовище розробки Visual Studio 2019, мову програмування С# та СКБД Microsoft SQL Server.

Для розроблюваної інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур було створено

діаграму класів, яка використовувалась при створенні прикладної реалізації інформаційної системи.

В розділі також розроблена структура бази даних інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. В базі даних інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур об'єднано містяться відомості, що структурно належать як до бази даних (параметри і умови вирощування, багатобічність рослинних культур, актуальності елементів БД, агрокультури, ситуації для аналізу, вхідні дані ситуацій збережених прогнозувань, вихідні дані ситуацій збережених прогнозувань), так і до бази знань (правила, типи правил, консеквенти правил, антецеденти правил) інформаційної системи.

## Розділ 4

### Дослідження ефективності інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур

#### 4.1 Розробка прикладних компонентів інформаційної системи

Як вже було вище сказано, для розробки ІС прогнозування ефективності вирощування агрокультур було прийнято рішення використовувати платформу .NET та мову програмування С#. Стосовно функціоналу розробленої ІС, метод відображення обраної культури виглядає таким чином:

```

itemCulturePosition = e.RowIndex;
    textBox7.Text = itemCulture[itemCulturePosition].sort.vid.nameVid;
    textBox5.Text = textBox5.Text =
itemCulture[itemCulturePosition].sort.nameSort; ;
    textBox8.Text =
itemCulture[itemCulturePosition].tempereture.minValue.ToString();
    textBox9.Text =
itemCulture[itemCulturePosition].tempereture.maxValue.ToString();
    textBox10.Text =
itemCulture[itemCulturePosition].kislotnist.minValue.ToString();
    textBox15.Text =
itemCulture[itemCulturePosition].kislotnist.maxValue.ToString();
    if (itemCulture[itemCulturePosition].photoPath.Length != 0)
        pictureBox1.Image =
new Bitmap(itemCulture[itemCulturePosition].photoPath);

```

Код спрацьовує при натисканні на таблицю вибору культур. Результат наведено на рисунку 4.1

Оптимальні параметри (рисунок 4.1) можна редагувати. Для цього можна змінити якесь значення яке нам потрібно та натиснути кнопку «Редагувати обрану культуру». Код для збереження відредагованої структури показано нижче:

```

itemCulture[itemCulturePosition].sort.vid.nameVid = textBox7.Text;
    itemCulture[itemCulturePosition].sort.nameSort = textBox5.Text;
    itemCulture[itemCulturePosition].tempereture.minValue =
double.Parse(textBox8.Text);

```

```

itemCulture[itemCulturePosition].temperature.maxValue =
double.Parse(textBox9.Text);
itemCulture[itemCulturePosition].kislotnist.minValue =
double.Parse(textBox10.Text);
itemCulture[itemCulturePosition].kislotnist.maxValue
=
double.Parse(textBox15.Text);

```

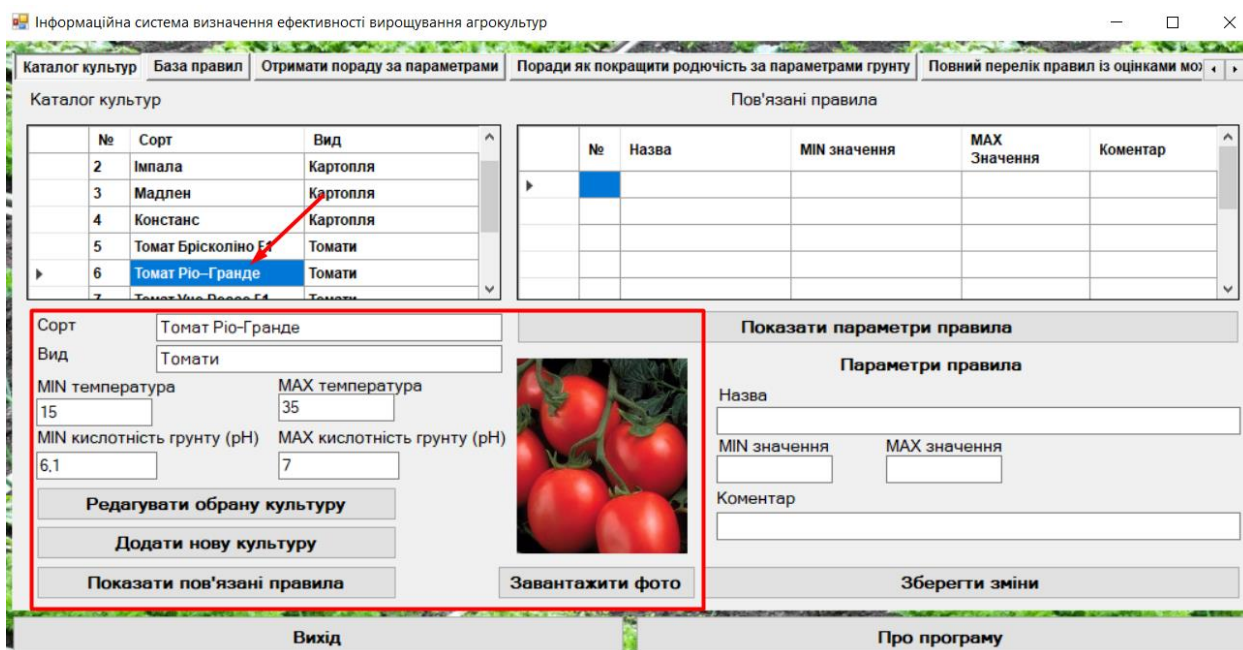


Рисунок 4.1 – Результат вибору культури «Томат Ріо-Гранде». Відображення оптимальних параметрів

У результаті редагування дані оновляться і при повторному натисканні на ту ж культуру користувач буде бачити вже оновлену інформацію (рисунок 4.2).

Реалізація заміни фото для культури реалізована наступним чином:

```

OpenFileDialog open = new OpenFileDialog();
open.Filter = "Image Files(*.jpg; *.jpeg; *.gif; *.bmp)|*.jpg; *.jpeg; *.gif;
*.bmp";
if (open.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{
    pictureBox1.Image = new Bitmap(open.FileName);
    itemCulture[itemCulturePosition].photoPath = open.FileName;
}

```

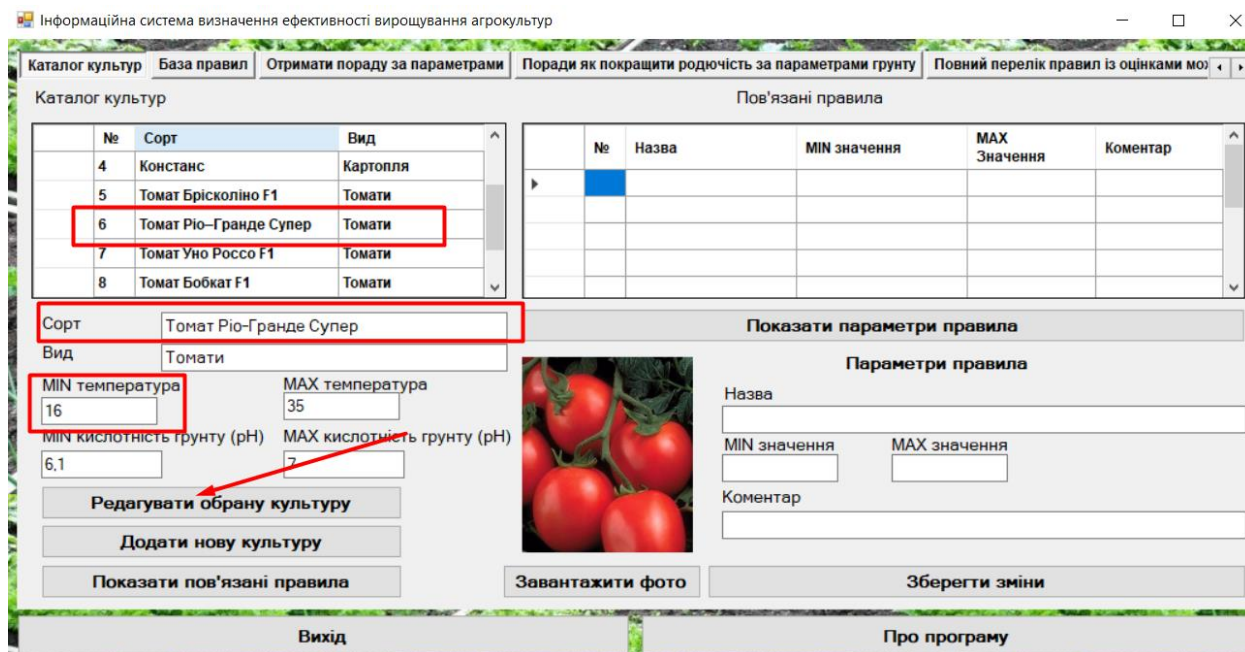


Рисунок 4.2 – Результат вибору культури «Томат Ріо-Гранде». Результат після редагування

При натисканні користувача на кнопку «Завантажити фото», відкривається діалогове вікно для вибору фотографії (рисунок 4.3).

Знаходження та виведення усіх записів пов'язаних з обраним правилом реалізовано наступним чином:

```

itemCulturePosition = comboBox9.SelectedIndex;

int counter = 0;
for (int i = 0; i < itemCulture.Length && itemCulture[i] != null; i++)
{
    for (int j = 0; j < itemCulture[i].sort.rules.Length && itemCulture[i].sort.rules[j]
    != null; j++)
    {
        if (itemCulture[i].sort.rules[j].ruleName.Equals(rulesItem[itemCulturePosition]))
        {
            dataGridView8.Rows[counter].Cells[0].Value = counter + 1;
            dataGridView8.Rows[counter].Cells[1].Value =
                itemCulture[i].sort.nameSort;
            dataGridView8.Rows[counter].Cells[2].Value =
                itemCulture[i].sort.vid.nameVid;
            dataGridView8.Rows[counter].Cells[3].Value =
                itemCulture[i].sort.rules[j].min;
            dataGridView8.Rows[counter].Cells[4].Value =
                itemCulture[i].sort.rules[j].max;

            counter++;
        }
    }
}
}

```

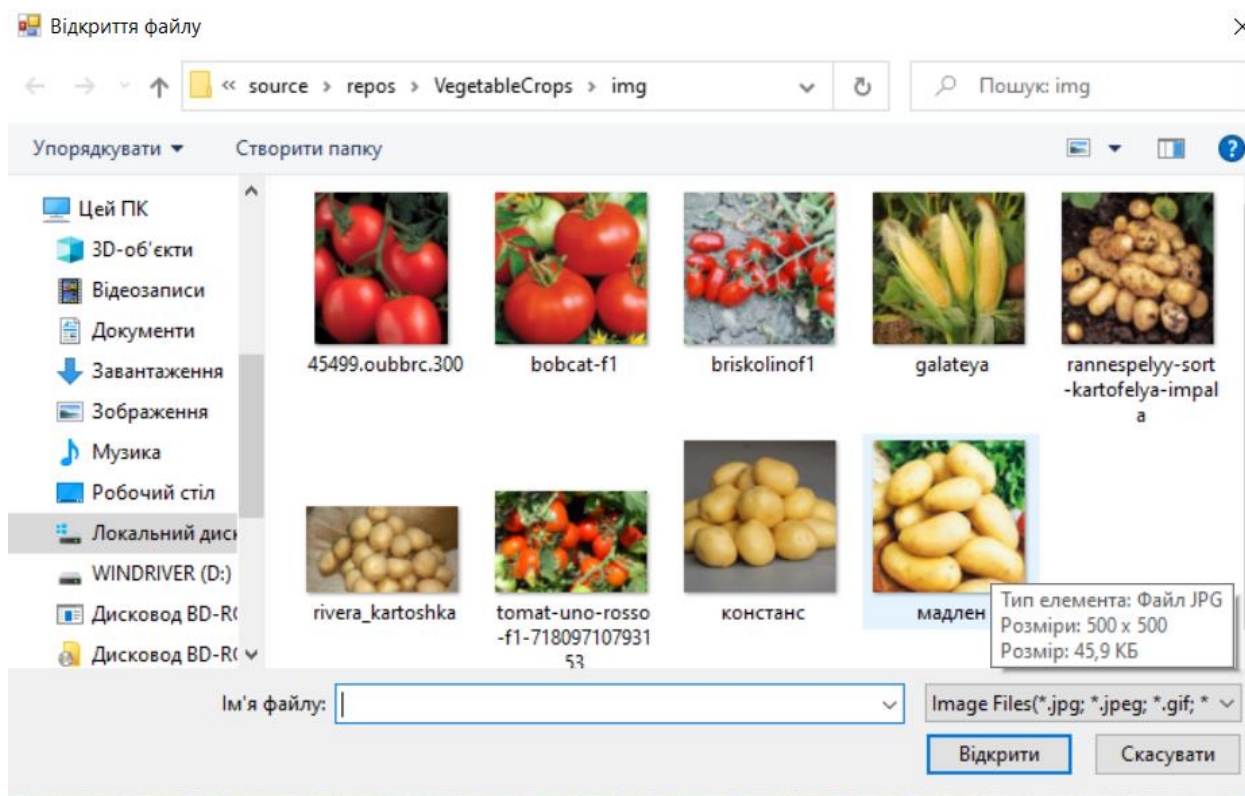


Рисунок 4.3 – Діалогове вікно зміни фотокартки культури

Результат знаходження та виведення усіх записів пов'язаних з обраним правилом проілюстровано на рисунку 4.4.

№	Сорт	Вид	Правило	MIN значення	MAX значення	Коментар
1	Рів'єра	Картопля	Вологість	75	85	
2	Рів'єра	Картопля	Кислотність ґрунту	7	10	
3	Рів'єра	Картопля	Середньодобова тем...	8	20	
4	Рів'єра	Картопля	Кліматичний пояс	Помірний	Помірний	
5	Імпала	Картопля	Вологість	85	90	
6	Імпала	Картопля	Кислотність ґрунту	7	10	
7	Імпала	Картопля	Середньодобова тем...	9	25	

№	Сорт	Вид	MIN значення	MAX значення
1	Рів'єра	Картопля	7	10
2	Імпала	Картопля	7	10

Рисунок 4.4 – Виведення усіх записів, пов'язаних з обраним правилом

Отже, за вищеописаною архітектурою було створено прикладну програмну реалізацію інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка забезпечить можливість проведення прикладного дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

#### **4.2 Прикладне тестування інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур**

Для проведення прикладного дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур було використано розроблену в п.4.1 відповідно до спроектованої архітектури прикладну програмну реалізацію інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. Для дослідження правильності виконання функцій інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур було розроблено три тестових випадки (тест-кейса).

У першому тестовому випадку (таблиця 4.1) перевіряється правильність редагування даних про обрану агрокультуру. Після натискання на стрічку таблиці із відповідною культурою, яку потрібно відредагувати, дані про неї повинні з'явитись у полях для редагування. У якості тестового випадку пропонується замінити у сорту картоплі «Імпала» значення мінімальної температури з 9 градусів до 10, а назву сорту з «Імпала» на «Імпала (рання)». Прогнозується, що після натиснення кнопки «Редагувати обрану культуру» назва зміниться у таблиці та відбудеться корекція налаштування правила (температура стане 10 градусів) (рисунок 4.5).

Таблиця 4.1 – Тест-кейс AT0001

Тест-кейс ID: AT0001	Пріоритет: 1	Створено: 11.11.2021, Левчик Т.С.
<b>Назва:</b> Перевірка коректності редагування даних про культуру <b>Вхідні дані:</b> Обираємо культуру «Імпала»		
<b>Кроки</b>		<b>Очікуваний результат</b>
<p><i>Передумова:</i> у відкритому проєкті із загальної таблиці культур обираємо «Імпала» (натискаємо на стрічку з цим записом мишкою).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запустити застосування</li> <li>2. Натиснути на стрічці таблиці «Каталог культур» де є запис «Імпала»</li> <li>3. Змінити значення мінімальної температури з 9 на 10.</li> <li>4. Змінити сорт з «Імпала» на «Імпала (рання)».</li> <li>5. Натиснути кнопку «Редагувати обрану культуру».</li> <li>6. Порівняти фактичний результат з очікуваним</li> </ol>		<p>Повинні заповнитись поля під таблицею, які можна редагувати</p> <p>Після натиснення на кнопку у таблиці одразу повинна відобразитись нова назва, а при повторному натисканні на культуру «Імпала (рання)» мінімальна температура повинна відображатись як 10 градусів</p> <p>Фактичний результат відповідає очікуваному.</p>
<b>Результат виконання тест-кейсу:</b> пройдено успішно		

Другим тестом перевіряється робота функції «Показати пов'язані правила» (таблиця 4.2). Для проходження цього тестового випадку потрібно у запущеному застосуванні обрати культуру «Імпала (рання)» та натиснути на кнопку «Показати пов'язані правила». Пов'язані правила повинні відобразитись у таблиці «Пов'язані правила», що розміщується праворуч зверху.

Таблиця 4.2 – Тест-кейс АТ0002

Тест-кейс ID: АТ0002	Пріоритет: 1	Створено: 11.11.2021, Левчик Т.С.															
Назва: Перевірка коректності відображення пов'язаних правил Вхідні дані: Обираємо культуру «Імпала (рання)»																	
Кроки		Очікуваний результат															
<p><i>Передумова:</i> у відкритому проєкті із загальної таблиці «Каталог культур» обираємо «Імпала (рання)» (натискаємо на стрічку з цим записом мишкою).</p> <p>1. Запустити застосування</p> <p>2. Натиснути на стрічку таблиці «Каталог культур» де є запис «Імпала (рання)»</p> <p>3. Натиснути кнопку «Показати пов'язані правила».</p> <p>4. Порівняти фактичний результат з очікуваним</p>		<p>Повинні заповнитись поля під таблицею «Каталог культур», які можна редагувати. Очікувані значення полів наступні: «сорт» = «Імпала(рання)» «Вид» = «Картопля», «MIN температура» = 10, «MAX температура» = 25, «MIN Кислотність ґрунту» = 7, «MAX Кислотність ґрунту» = 10».</p> <p>Після натиснення на кнопку «Показати пов'язані правила» , у таблиці «Пов'язані правила» прогнозовано повинні з'явитись чотири правила із такими значеннями:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Назва</th> <th>MIN значення</th> <th>MAX значення</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Вологість</td> <td>85</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Кислотність ґрунту</td> <td>7</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Середньодобова температура сезону</td> <td>10</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Кліматичний пояс</td> <td>Помірний</td> <td>Помірний</td> </tr> </tbody> </table> <p>Фактичний результат відповідає очікуваному.</p>	Назва	MIN значення	MAX значення	Вологість	85	90	Кислотність ґрунту	7	10	Середньодобова температура сезону	10	25	Кліматичний пояс	Помірний	Помірний
Назва	MIN значення	MAX значення															
Вологість	85	90															
Кислотність ґрунту	7	10															
Середньодобова температура сезону	10	25															
Кліматичний пояс	Помірний	Помірний															
Результат виконання тест-кейсу: пройдено успішно																	

На рисунку 4.6 проілюстровано успішний результат проходження другого тестового випадку.

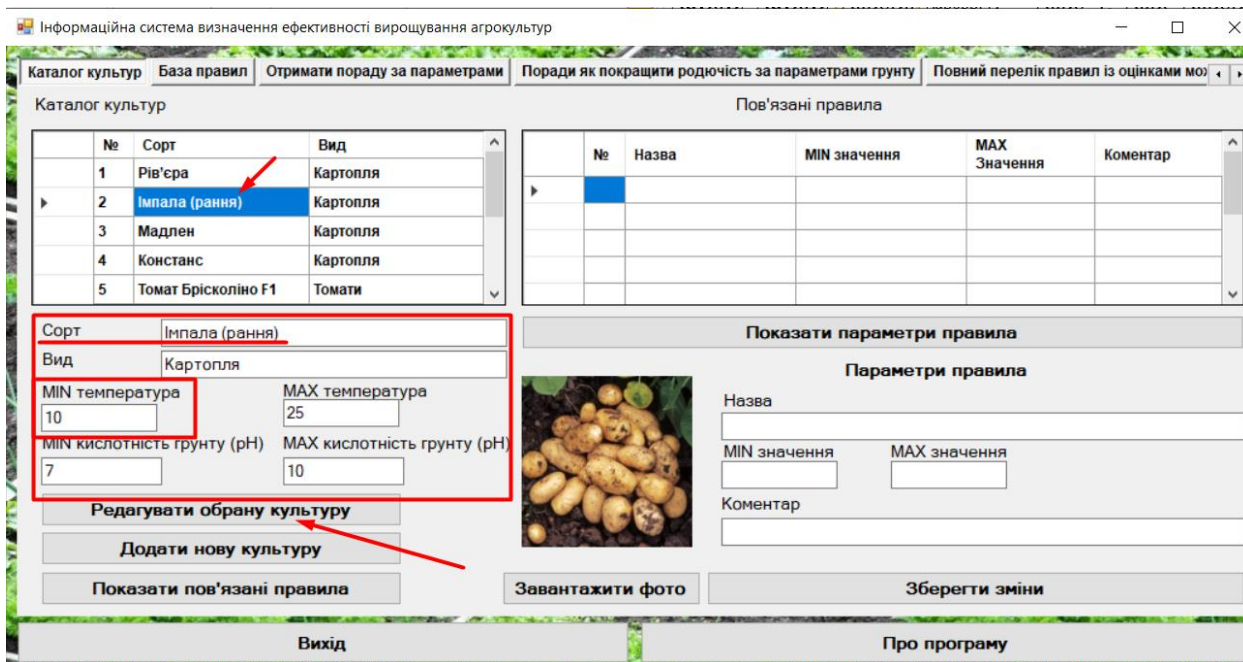


Рисунок 4.5 – Результат редагування культури «Імпала». Зміна правила діапазону температур та назви сорту

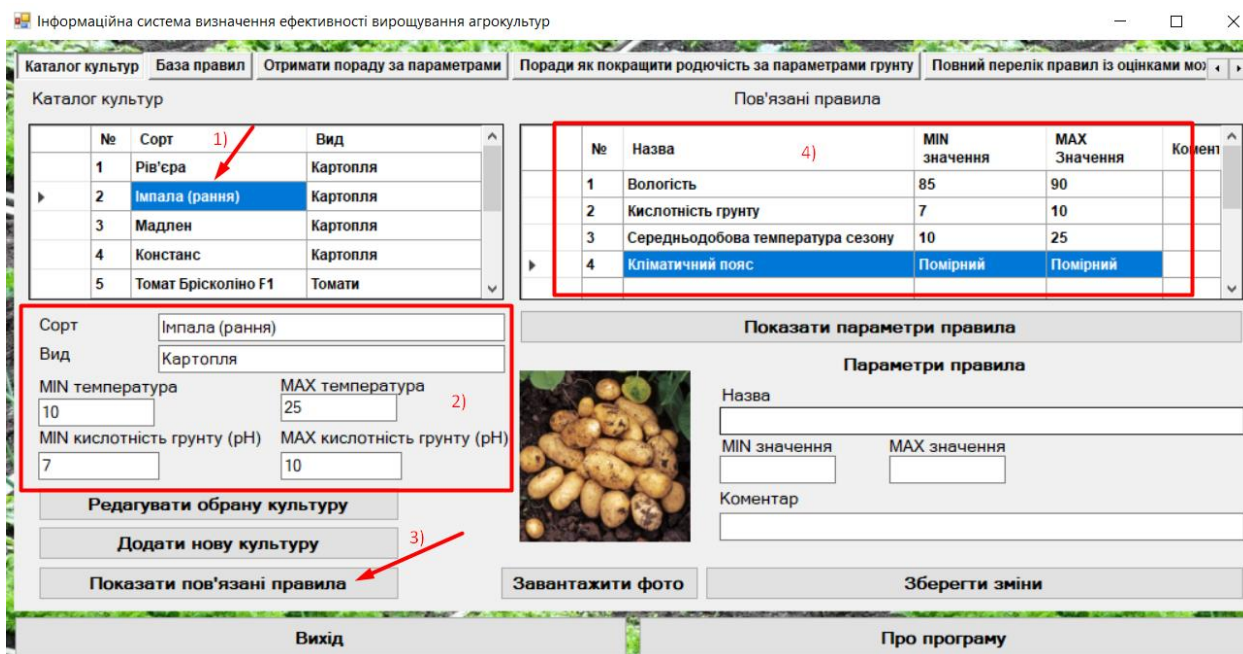


Рисунок 4.6 – Результат виконання тесту «Показати пов'язані правила»

Таблиця 4.3 – Тест-кейс АТ0003

Тест-кейс ID: АТ0002	Пріоритет: 1	Створено: 11.11.2021, Левчик Т.С.
<p><b>Назва:</b> Перевірка коректності прогнозування можливих варіантів вирощування культур  <b>Вхідні дані:</b> На третій вкладці у вкладці параметри потрібно виконати налаштування як описано в кроках.</p>		
<b>Кроки</b>	<b>Очікуваний результат</b>	
<p><i>Передумова:</i> у відкритому проєкті перейти на вкладку «Отримати пораду за параметрами».</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запустити застосування</li> <li>2. Перейти на вкладку «Отримати пораду за параметрами»</li> <li>3. Параметр «Тип ґрунту» обрати чорнозем.</li> <li>4. Параметр «Вологість ґрунту» ввести 85.</li> <li>5. Параметр «Середньодобова температура сезону» ввести 15.</li> <li>6. Параметр «Висота над рівнем моря» ввести 200.</li> <li>7. Параметр «Кислотність ґрунту» ввести 6,5</li> <li>8. Параметр «Кліматичний пояс» обрати помірний</li> <li>9. Натиснути на кнопку «Показати можливі варіанти»</li> <li>10. Порівняти фактичний результат з очікуваним</li> </ol>	<p>Повинен відобразитись екран із налаштуванням параметрів, що впливають на врожайність.</p> <p>Після натиснення на кнопку «Показати пов'язані правила» , у таблиці «Пов'язані правила» прогнозовано повинні з'явитись чотири правила із такими значеннями:</p> <p>У полі «Експертний висновок» повинен відобразитись експертний висновок щодо можливості або неможливості вирощування певних культур. За уведеними параметрами експертний висновок повинен містити наступне:  «Згідно з вхідними параметрами, найбільш для вашого ґрунту та місцевості вам підійде:  Томат Уно Россо F1 з оцінкою 20  Також добре буде вирощувати такі культури:  - Рів'єра із оцінкою 2  - Імпала (рання) із оцінкою 2  - Мадлен із оцінкою 2  - Констанс із оцінкою 2 ....»</p> <p>Фактичний результат відповідає очікуваному.</p>	
<p><b>Результат виконання тест-кейсу:</b> пройдено успішно</p>		

Третім тестовим випадком буде перевірятись правильність прогнозування вирощування культур (вкладка «Отримати пораду за параметрами»).

У якості вхідних параметрів для даного тесту потрібно ввести наступні:

- тип ґрунту: чорнозем;
- вологість ґрунту: 85%;
- середньодобова температура сезону: 15 °С;
- висота над рівнем моря: 200 м;
- кислотність ґрунту: 6,5;
- кліматичний пояс: помірний.

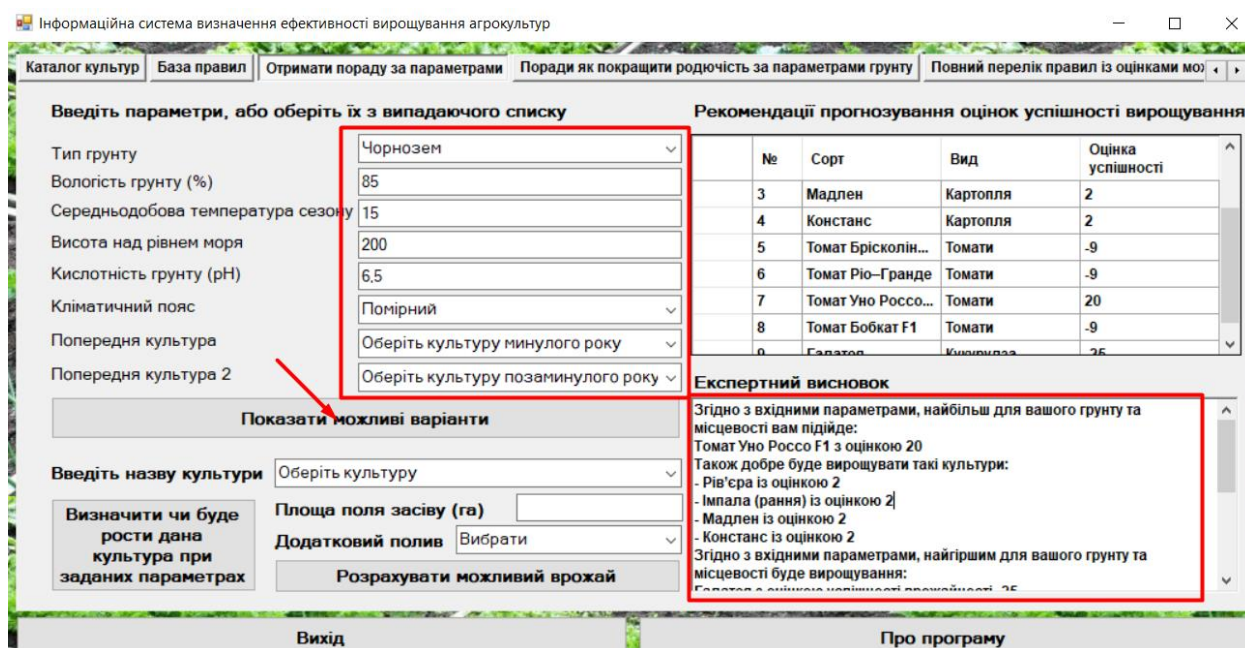


Рисунок 4.7 – Результат виконання тесту «Перевірка коректності прогнозування можливих варіантів вирощування культур»

Далі потрібно натиснути на кнопку «Показати можливі варіанти». У таблиці праворуч із назвою «Рекомендації прогнозування оцінок успішності вирощування» повинні відобразитись культури із оцінками можливостей

вирощування. Детальний перелік дій показано в таблиці 4.3. Результат проходження тесту зображено на рисунку 4.7.

Отже, дослідження коректності виконання функцій роботи інформаційної системи прогнозування успішності вирощування агрокультур успішно пройдено. Це підтверджує працездатність інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, що використовує розроблений метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур відповідно до визначених ними функцій.

### **4.3 Прикладне дослідження функціональності інформаційної системи**

Прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур виконується шляхом аналізу прикладного застосування відповідної інформаційної системи.

За активації інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур при запуску проекту, відкривається форма на вкладці «Каталог культур». На цій вкладці користувачу доступно такий функціонал (рисунок 4.8):

- Перегляд каталогу культур (таблиця «Каталог культур»).
- Деталізація параметрів обраної культури (у таблиці «Каталог культур» натиснути на культуру, параметри якої потрібно переглянути або редагувати).
- Можливість редагування обраної культури (а також заміна фото).
- Можливість додавання нової культури (кнопка «Додати нову культуру»).
- Функція перегляду пов'язаних з обраною культурою правил (кнопка «Показати пов'язані правила»).

– Функція перегляду параметрів обраного правила з можливістю їх редагування (кнопка «Показати параметри правила» та «Зберегти зміни»).

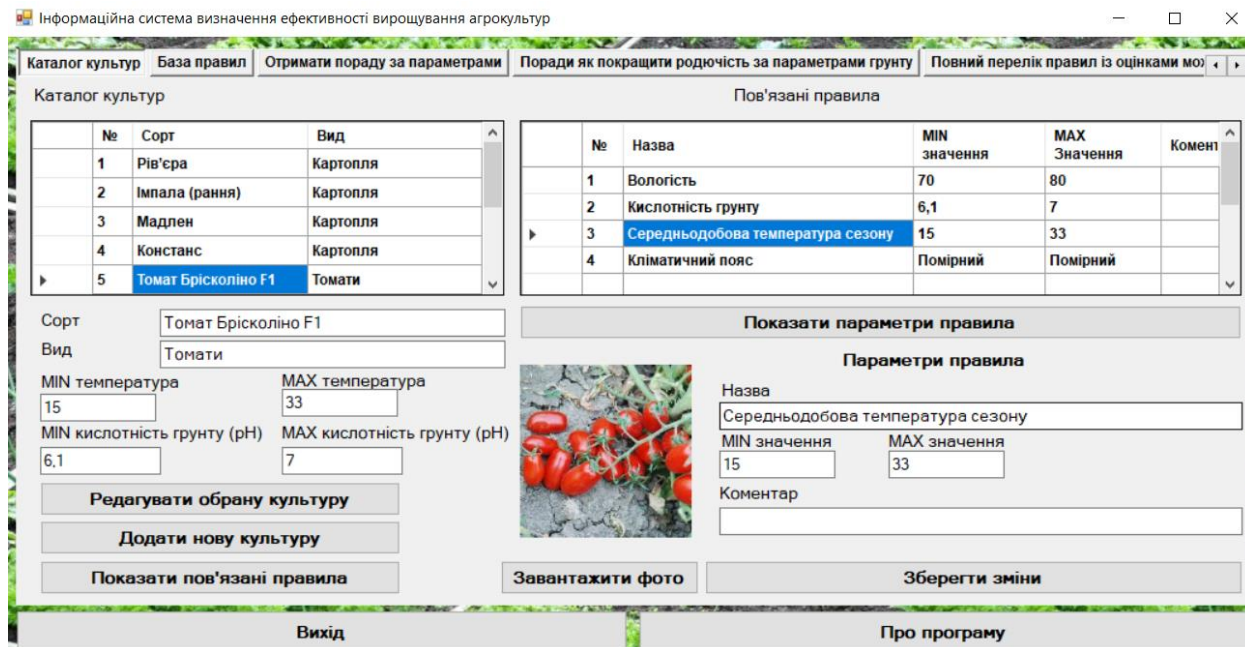


Рисунок 4.8 – Вигляд програми після запуску із деталізацією культури «Томат Брісколіно F1» та пов'язаних з ним правил

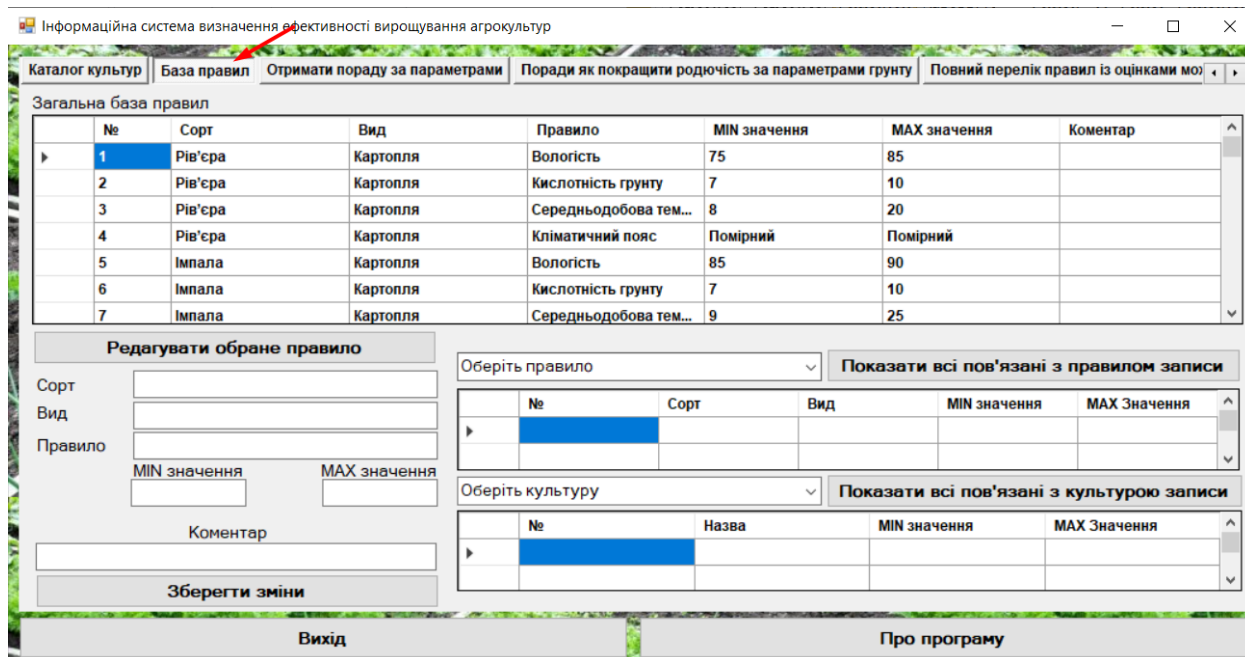


Рисунок 4.9 – Вигляд вкладки «База правил» після переходу на неї

На вкладці «База правил» міститься детальна робота з правилами. Головною є таблиця «Загальна база правил», яка відкривається одразу після переходу на цю вкладку (рисунок 4.9).

На цій вкладці можна:

- Редагувати обране з таблиці «Загальна база правил» правило.
- Показати всі пов'язані з правилом записи.
- Показати всі пов'язані з культурою записи.

Щоб подивитись усі пов'язані з правилом записи, потрібно обрати з випадаючого списку правило, записи якого потрібно бачити та натиснути кнопку «Показати всі пов'язані з правилом записи» (рисунок 4.10). Аналогічним чином можна переглянути всі пов'язані з культурою записи (рисунок 4.11).

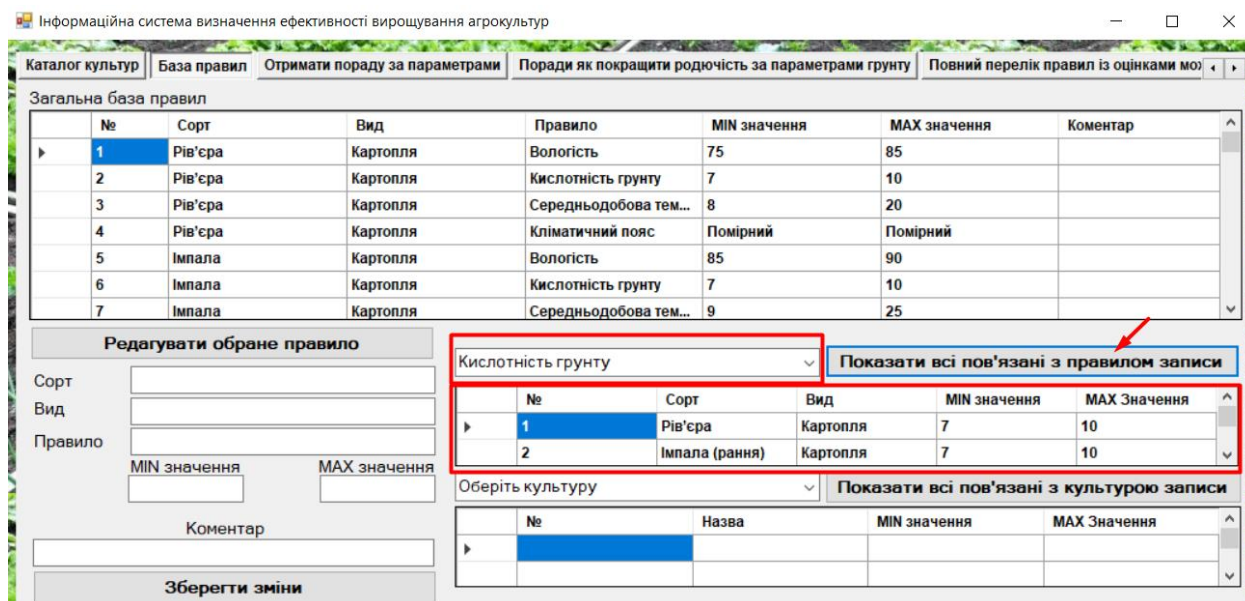


Рисунок 4.10 – Вкладка «База правил». Функція «Показати всі пов'язані з правилом записи»

На наступній вкладці «Отримати пораду за параметрами» можна згідно з введеними значеннями отримати прогноз культур які краще буде вирощувати на даній землі, а також розрахувати ймовірний врожай. Для

розрахунку величини врожаю потрібно обрати параметри та натиснути кнопку «Розрахувати можливий врожай» (рисунок 4.12).

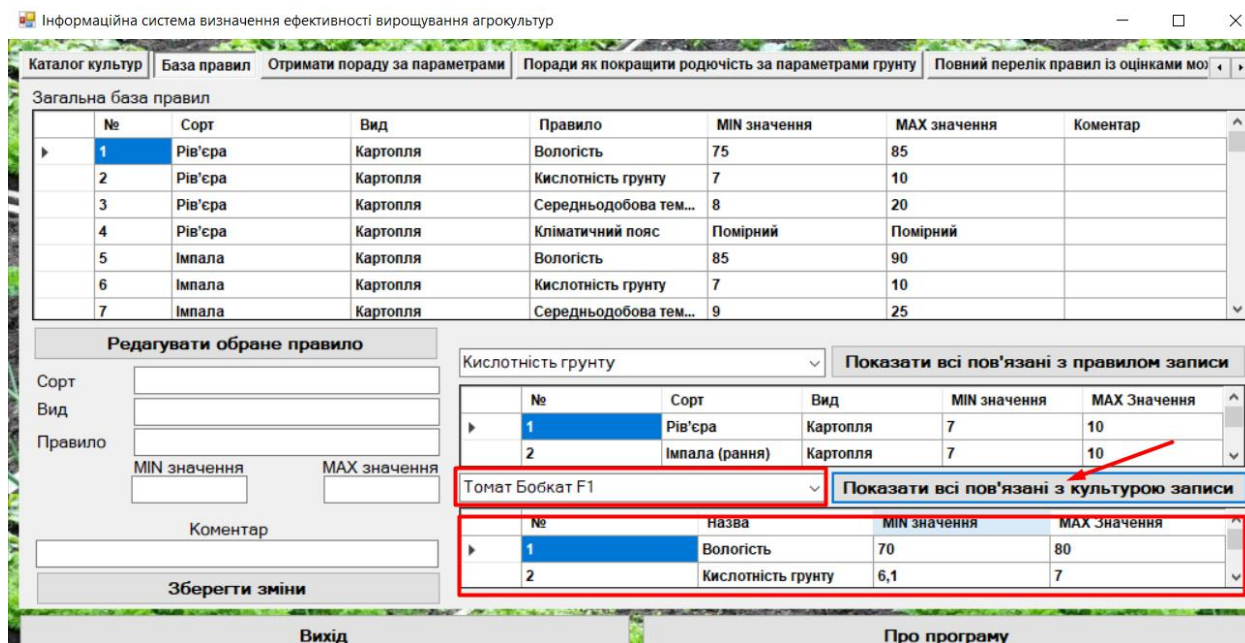


Рисунок 4.11 – Вкладка «База правил». Функція «Показати всі пов'язані з культурою записи»

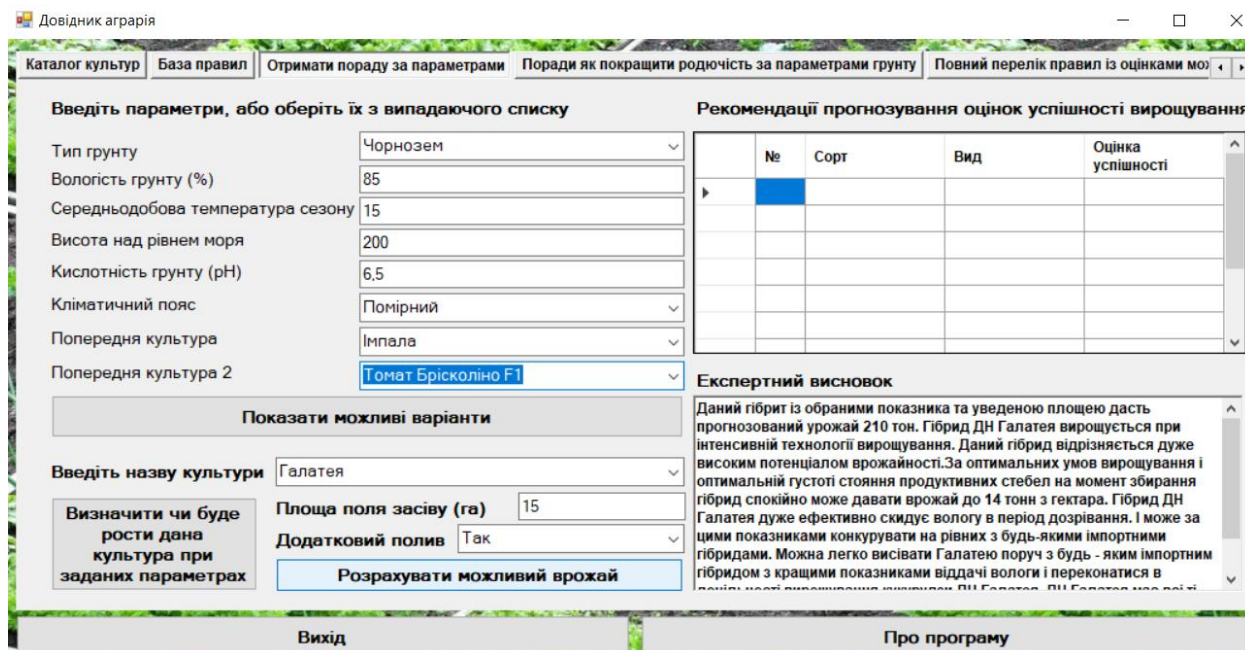


Рисунок 4.12 – Вкладка «Отримати пораду за параметрами». Функція «Розрахувати можливий врожай»

Щоб отримати розгорнуту пораду, потрібно обрати параметри ґрунту, та якщо відомо що росло у попередні роки, обрати ще культури попередніх років. Якщо ці параметри невідомі, програма спрацює без них, з коефіцієнтом 1 (не впливає на родючість). Після натискання на кнопку «Отримати пораду за параметрами» відкриється таблиця з оцінками вирощування та сформується експертний висновок з інформацією не тільки що найкраще вирощувати, а й найгірші варіанти (рисунок 4.13)

Інформаційна система визначення ефективності вирощування агрокультур

Каталог культур | База правил | Отримати пораду за параметрами | Поради як покращити родючість за параметрами ґрунту | Повний перелік правил із оцінками мо...

Введіть параметри, або оберіть їх з випадального списку

Тип ґрунту: Чорнозем

Вологість ґрунту (%): 85

Середньодобова температура сезону: 15

Висота над рівнем моря: 200

Кислотність ґрунту (pH): 6,5

Кліматичний пояс: Помірний

Попередня культура: Оберіть культуру минулого року

Попередня культура 2: Оберіть культуру позаминулого року

Показати можливі варіанти

Введіть назву культури: Оберіть культуру

Визначити чи буде рости дана культура при заданих параметрах

Площа поля засіву (га):

Додатковий полив: Вибрати

Розрахувати можливий врожай

Рекомендації прогнозування оцінок успішності вирощування

№	Сорт	Вид	Оцінка успішності
4	Констанс	Картопля	2
5	Томат Брісколін...	Томати	-9
6	Томат Ріо-Гранде	Томати	-9
7	Томат Уно Россо...	Томати	20
8	Томат Бобкат F1	Томати	-9
9	Галатія	Кукурудза	-25
10	Боби	Боби	4

Експертний висновок

Згідно з вхідними параметрами, найгіршим для вашого ґрунту та місцевості буде вирощування: Галатія з оцінкою успішності врожайності -25. Натомість, з вказаними параметрами не рекомендовано до посадки такі культури: - Томат Брісколіно F1 із оцінкою -9 - Томат Ріо-Гранде із оцінкою -9 - Томат Бобкат F1 із оцінкою -9. Так як це призведе до значної втрати врожайності. Для отримання...

Вихід | Про програму

Рисунок 4.13 – Вкладка «Отримати пораду за параметрами». Показати можливі варіанти»

Вкладка «Поради як покращити родючість за параметрами ґрунту» надасть пораду що робити для покращення врожайності ґрунту певного типу (рисунок 4.14).

Наступна вкладка «Повний перелік правил із оцінками можливості вирощування культур» є розгорнутим варіантом результатів роботи функції вкладки «Отримати пораду за параметрами» кнопки «показати можливі

варіанти», так як дає розгорнуту відповідь, які саме параметри ґрунту чи кліматичних умов дають такі оцінки культури (рисунок 4.15).

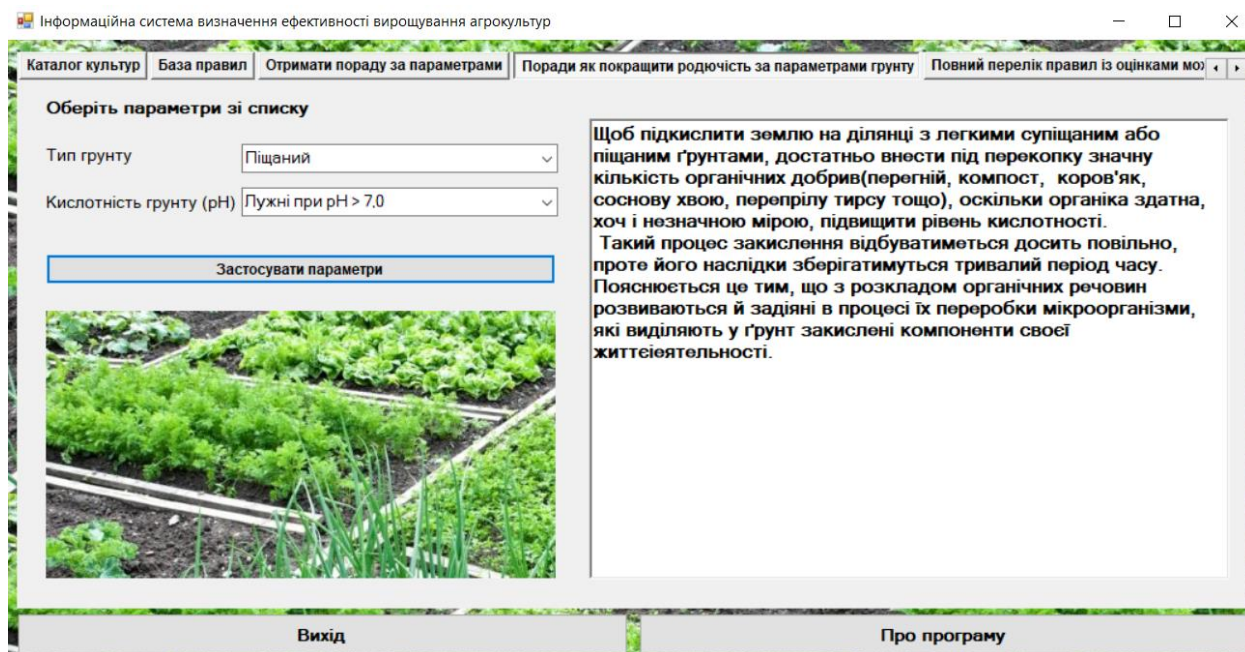


Рисунок 4.14 – Вкладка «Поради як покращити родючість за параметрами ґрунту»

Правило	Сорт	Вид	MIN значення	MAX значення	Оцінка по даному правилу
Кислотність ґрунту	Мадлен	Картопля	7	10	3
Середньодобова темп...	Мадлен	Картопля	10	25	5
Кліматичний пояс	Мадлен	Картопля	Помірний	Помірний	6
Вологість	Констанс	Картопля	85	90	4
Кислотність ґрунту	Констанс	Картопля	7	10	3
Середньодобова темп...	Констанс	Картопля	11	25	5
Кліматичний пояс	Констанс	Картопля	Помірний	Помірний	8
Вологість	Томат Брісколіно F1	Томати	70	80	-25
Кислотність ґрунту	Томат Брісколіно F1	Томати	6,1	7	3
Середньодобова темп...	Томат Брісколіно F1	Томати	15	33	5
Кліматичний пояс	Томат Брісколіно F1	Томати	Помірний	Помірний	6
Вологість	Томат Ріо-Гранде	Томати	65	80	-25
Кислотність ґрунту	Томат Ріо-Гранде	Томати	6,1	7	3
Середньодобова темп...	Томат Ріо-Гранде	Томати	15	35	5
Кліматичний пояс	Томат Ріо-Гранде	Томати	Помірний	Помірний	8
Вологість	Томат Уно Россо F1	Томати	72	85	4

Рисунок 4.15 – Вкладка «Повний перелік правил із оцінками можливості вирощування культур»

Таким чином, було проведено прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур виконується шляхом аналізу прикладного застосування відповідної інформаційної системи. У реалізованій інформаційній системі прогнозування ефективності вирощування агрокультур інтуїтивно зрозумілий, зручний інтерфейс. Система вкладок зручно вміщує в собі всю необхідну інформацію без застосування надмірної кількості вікон.

#### **4.4 Аналіз результатів прикладного дослідження функціональності інформаційної системи**

Прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур виконувалось шляхом аналізу прикладного застосування відповідної інформаційної системи.

При роботі інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур оцінка прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур виконується за задалегідь створеними мультисеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Проте види умов вирощування агрокультур можуть бути розширені найрізноманітнішими зразками, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури.

Застосований підхід до визначення необхідних дій для коригування мультисеквентних правил продукції в базі знань виявив свою високу ефективність та гнучкість. Так, якщо потрібно додати нове правило у базу

знань, то слід виконати додавання нових антецедентів правила до всіх об'єктів впливу. А якщо потрібно додати новий об'єкт, то виконується додавання антецедентів всіх правил до нового об'єкту впливу.

В випадку коли потрібно видалити існуюче правило, то слід виконати видалення антецедентів обраного правила до всіх об'єктів впливу. Якщо ж потрібно видалити існуючий об'єкт у вигляду сорти рослини, то виконується видалення антецедентів всіх правил до обраного об'єкту впливу.

Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур використано наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований в системі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

Перевагами використання мультиконсеквентних правил продукції, визначеними за результатом практичного використання розробленого методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, є наступне:

- висока стійкість методу до неповних вхідних даних;
- можливість обрахунку результату за неповних вхідних даних;
- можливість суттєво збільшити ефективність роботи методу шляхом збільшення кількості правил продукції;

– можливість додавати нові сорти рослин та види умов вирощування без впливу на наявні дані.

#### **Висновки до розділу 4**

Відповідно до спроектованої архітектури, в розділі було створено прикладну програмну реалізацію інформаційної системи, яка забезпечує можливість проведення прикладного дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

В розділі було успішно проведено розробку дослідження коректності виконання функцій роботи інформаційної системи прогнозування успішності вирощування агрокультур. Це підтвердило працездатність інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, що використовує розроблений метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур відповідно до визначених ними функцій.

Прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур виконувалось шляхом аналізу прикладного застосування відповідної інформаційної системи.

Застосований підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції виявив свою високу ефективність та гнучкість. Тому підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований в системі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру.

## Загальні висновки

Кваліфікаційна робота магістра розв'язує науково-технічну задачу автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур за проєктування та розробки відповідної експертної системи, яка використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра були *поставлені та вирішені наступні завдання*:

1. Проведено аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

2. Розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

3. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

4. Розроблено прикладну інформаційну експертну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

5. Проведено прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

В результаті роботи були отримані такі *інновації та положення наукової новизни*:

1. Розроблено новий метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування

автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.

2. Розроблено нову інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, яка дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.

3. Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, що дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

Відповідно до особливостей використання мультиконсеквентних правил продукції на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, зокрема того що зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного із екземплярів із множини об'єктів впливу, розроблено підхід до визначення

необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань.

При розв'язанні задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур оцінка прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур виконується за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур використано наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований у роботі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

Перевагами використання мультиконсеквентних правил продукції, визначеними за результатом практичного використання розробленого методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, є наступне:

- висока стійкість методу до неповних вхідних даних;
- можливість обрахунку результату за неповних вхідних даних;

- можливість суттєво збільшити ефективність роботи методу шляхом збільшення кількості правил продукції;
- можливість додавати нові сорти рослин та види умов вирощування без впливу на наявні дані.

Основні наукові та практичні результати кваліфікаційної роботи магістра доповідались на XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН–2021» (15–16 жовтня 2021 року); за темою кваліфікаційної роботи автором виконано наукову публікацію [34].

## Перелік посилань

1. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю., Подашевська О. Проблеми і перспективи розвитку інформаційних технологій в сільському господарстві, Праці ТДАТУ, Вип.20. 2020, С.175-185.
2. Янковська О.І. Особливості інновацій в сільському господарстві. Матеріали Всеукр. заочн. наук.-практ. конф. [«Економіка XXI століття : виклики та проблеми – Ужгород : ЗакДУ, 2010. – С. 304 – 308.
3. Wikipedia. Геоінформаційні технології. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Геоінформаційні\\_технології](https://uk.wikipedia.org/wiki/Геоінформаційні_технології)
4. Навчальні матеріали онлайн. Використання інформаційних технологій для програмування врожаю. URL: [https://pidru4niki.com/75621/agropromislovist/vikoristannya\\_informatsiynih\\_tehnologiy\\_programuvannya\\_vrozhayu](https://pidru4niki.com/75621/agropromislovist/vikoristannya_informatsiynih_tehnologiy_programuvannya_vrozhayu)
5. Wikipedia. Сівозміна. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Сівозміна>
6. Wikipedia. Пар. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Пар>
7. Wikipedia. Штучні (мінеральні) добрива. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучні\\_\(мінеральні\)\\_добрива](https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучні_(мінеральні)_добрива)
8. Wikipedia. Органічні добрива. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Органічні\\_добрива](https://uk.wikipedia.org/wiki/Органічні_добрива)
9. Експрес АГРО. Робот PLANTALYZER® для оцінки врожаю томатів. URL: <https://express-agro.ru/product/plantalyzer/>
10. ВЕГА-PRO супутниковий сервіс аналізу вегетації. Дистанційний моніторинг стану сільськогосподарських земель і посівів. URL: <http://pro-vega.ru/products.sht>
11. BaseGroup Labs. Deductor Studio Academic. URL: <https://basegroup.ru/deductor/>
12. Earth Observing System. Crop Monitoring. URL: <https://eos.com/uk/products/crop-monitoring/key-functions/>

13. Огнєва О. Є. Підтримка прийняття рішення для визначення показників економічної ефективності вирощування гороху овочевого URL: <http://journals.kntu.net.ua/index.php/visnyk/article/download/616/756>

14. Сокальська С.Т. Використання інформаційних технологій для програмування врожаю URL: [https://pidru4niki.com/75621/agropromislovist/vikoristannya\\_informatsiynih\\_tehnologiy\\_programuvannya\\_vrozhayu](https://pidru4niki.com/75621/agropromislovist/vikoristannya_informatsiynih_tehnologiy_programuvannya_vrozhayu)

15. Головатенко А. В., Голуб Б. Л., система управління та забезпечення життєдіяльності агрокультур на базі контролерів «Arduino». Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем, Київ, 2018, С.16-17.

16. Савін І.Ю., Баргаль С.А., Лупян Е.А., Толпін В.А., Хвостиков С.А. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур на основі супутникових даних: можливості та перспективи. URL: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2010t3/275-285.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2010t3/275-285.pdf)

17. Кислотність ґрунтів та її вплив на живлення рослин URL: <https://www.agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/>

18. Умови успішного вирощування овочів. URL: <https://sad.agroc.com.ua/info/141-ovochiu>

19. ТОП 5 популярних систем управління базами даних (СУБД) у 2020 URL: <https://info-comp.ru/top-popular-database-management-systems>

20. Advantages and Disadvantages of Microsoft SQL Server URL: <https://todotecnologias.com/ventajas-y-desventajas-de-microsoft-sql-server/>

21. Learn more about Web Hosting URL: <https://hostingpedia.net/mysql.html>

22. Pros and Cons of using PostgreSQL for Application Development. URL: <https://www.aalpha.net/blog/pros-and-cons-of-using-postgresql-for-application-development/>

23. Pros and Cons of .NET Development. URL: <https://exoft.net/pros-cons-net-development/>
24. Java platform. URL: <https://www.ibm.com/docs/en/i/7.4?topic=java-platform>
25. Плюси та мінуси програмування на Java. URL: <https://medium.com/nuances-of-programming/плюсы-и-минусы-программирования-на-java-2861f4c2a0d5>
26. What Is C# Language, Advantages & Features Of C# Language. URL: <https://codexoho.com/advantages-c-sharp-language/>
27. F# Programming. URL: [https://www.educ\\_\\_ba.com/f-sharp-programming/](https://www.educ__ba.com/f-sharp-programming/)
28. Класифікація баз даних URL: <http://lib.mdpu.org.ua/e-book/vstup/L5.htm>
29. Al Mamun M. A., Hannan M. A., Hussain A., Basri H. Theoretical model and implementation of a real time intelligent bin status monitoring system using rule based decision algorithms. Expert Systems with Applications. 2016. Т. 48. С. 76–88.
30. Кравець П., Киркало Р. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2009. № 650. С. 115–123.
31. Hu X., Pedrycz W., Castillo O., Melin P. Fuzzy rule-based models with interactive rules and their granular generalization. Fuzzy Sets and Systems. 2017. Т. 307. С. 1–28.
32. Олійник А. О. Видобування продукційних правил на основі негативного відбору. Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2016. № 1 (36). С. 40–49.
33. Hutto C. J. A parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text / C. J. Hutto, G. E. Vader // Eighth international AAAI conference on weblogs and social media. URL:

<https://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/ICWSM14/paper/download/8109/8122>.

34. Левчик Т. С., Собко О. В., Житкевич В. В., Міхалевський В. Ц. Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький, 2021. с. 359-363.

# ДОДАТКИ

**Додаток А**  
**Використані відомості та джерела для формування**  
**мультиконсеквентних правил продукції для дослідження методу**  
**прогнозування ефективності вирощування агрокультур**

Для росту і розвитку овочів дуже важливим чинником є температура, при виборі відповідних сортів рослин для городу потрібно враховувати розташування городу, висоту ділянки над рівнем моря, світла і тому подібне. Ділянка схилу що звернена на північ, у порівнянні з рівниною холодніше на 30-40%, а схили, повернуті до півдня, на 10% тепліше, ніж рівнинний город. Найхолодніше також на тих городах, які розташовані вище рівня моря. Із збільшенням висоти над рівнем моря, знижується середня температура (кожних 300 метрів приблизно на 1,5 °C).

Кислотність ґрунту, що обумовлена менш рухливими іонами водню, які витісняються при обробітку ґрунту гідролітично лужною сіллю, є гідролітичною кислотністю. Вона зустрічається навіть частіше, ніж обмінна, оскільки властива більшості ґрунтів, в тому числі і чорноземам. Ця кислотність включає менш рухливу частину поглинених іонів  $H^+$ , які важче обмінюються на катіони. При цьому її визначення є необхідним для рішення ряду практичних завдань з застосування добрив, які включають розрахунок норм внесення вапна і можливості ефективного використання сполук фосфору.

Чим більша гідролітична кислотність ґрунту, тим вища його буферність проти підлужування. В той же час ґрунти, які значно насичені основами, наприклад чорноземи та сірі ґрунти, мають високу буферність проти підкислення. Підвищити буферність ґрунтів проти підкислення також можна внесенням великих доз органічних добрив і вапна.

За показниками кислотності ґрунти поділяють на класи: дуже сильнокислі – рН < 4,0; сильнокислі – рН=4,1-4,5; кислі – рН=4,5-5,0; слабокислі – рН=5,0-5,5; близькі до нейтральних – рН=5,5-6,0; нейтральні – рН=6,0-7,0 та лужні при рН > 7,0. Для більшості рослин оптимальний рівень рН дорівнює 6,0-6,5. У випадку невідповідності показника рН потребам рослин не тільки знижуються показники врожайності, а й значно страждає якість кінцевої продукції.

Використані джерела для формування правил продукції:

1. Умови успішного вирощування овочів. URL: <https://sad.agroc.com.ua/info/141-ovochiu>
2. Кислотність ґрунту та її вплив на рослини. URL: <https://www.agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/>.
3. Що після чого садити на наступний рік і чому: таблиця. URL: <https://cn-portal.org.ua/?p=14011>
4. Осимі посіви цибулі: проблематика та ризики. URL: <https://www.pro-of.com.ua/ozimi-posivi-cibuli-problematika-ta-riziki/>
5. Ґрунт і земля для моркви оптимальні параметри (кислотність, вологість). URL: <https://taya.com.ua/grunt-i-zemlja-dlja-morkvi-optimalni-parametri/>
6. Огірок – характеристики культури і вимоги до вирощування. URL: <https://agrolife.ua/ua/blog/ogurets-technologie-viraschivaniya/>
7. Рекомендації по вирощуванню овочів від компанії Наско. URL: <https://www.nasko.ua/uk/рекомендації/898-технологія-вирощування-овочів-від-компанії-наско>

Таблиця А.1 – Приклади відомостей до вирощування певних видів агрокультур [А.2]

Культура	Клімат	Кислотність	Попередники	Протипоказання	Ґрунт	Т
Томати	Тропіки/субтропіки/помірний Вологість ґрунту 70-80%	6-7	цибуля, капуста, кабачки, огірки, морква, гарбуз, сидерати	картопля, перець, баклажан, фізаліс та інші пасльонові, помідори можна вирощувати лише через три-чотири роки.	Чорноземах, дерново-підзолистих ґрунтах, на осушених торфовищах, у легких і середніх супіщаних і суглинних ґрунтах	15+
Баклажан	Тропіки/субтропіки/помірний 50-75%	6-7	попередники для баклажанів – огірок, озима пшениця, цибуля, капуста, сидерати, морква, гарбуз, кабачки, патисони та бобові культури	Інші пасльонові	супіщаний	15+
Перець	70-75%	6-8	Огірок, морква, гарбуз, бобові	Інші пасльонові	Супіщаний, чорнозем	15+
Картопля	Помірний 85-90%	4,5 – 7,3	Бобові, огірки, капуста	Пасльонові (томати, баклажани, перець)	чорноземах, у сірих лісових і дерново-підзолистих ґрунтах, на осушених торфовищах, у легких і середніх супіщаних і суглинних ґрунтах	10-25
Цибуля	75-85%	6,4 – 7,9	Картопля, морква, бобові, огірки	Цибуля, часник, перець, фізаліс	Чорноземи, легкі суглинки, супіски, нейтральні або слаболужні ґрунти	2-35
Морква	Мало вибаглива, вологість повинна бути рівномірною	5,6 – 7,0	Цибуля, огірок		Пухкий, суглинний або супіщаний із слабокислою реакцією; нейтральною реакцією.	5-30
Огірки	80-85%	6,5-7,0	Бобові, пасльонові (картопля, томати), капуста, цибуля	Будь-які гарбузові	Добре ростуть на не кислих ґрунтах	13-35

## Додаток Б

### Схема методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур



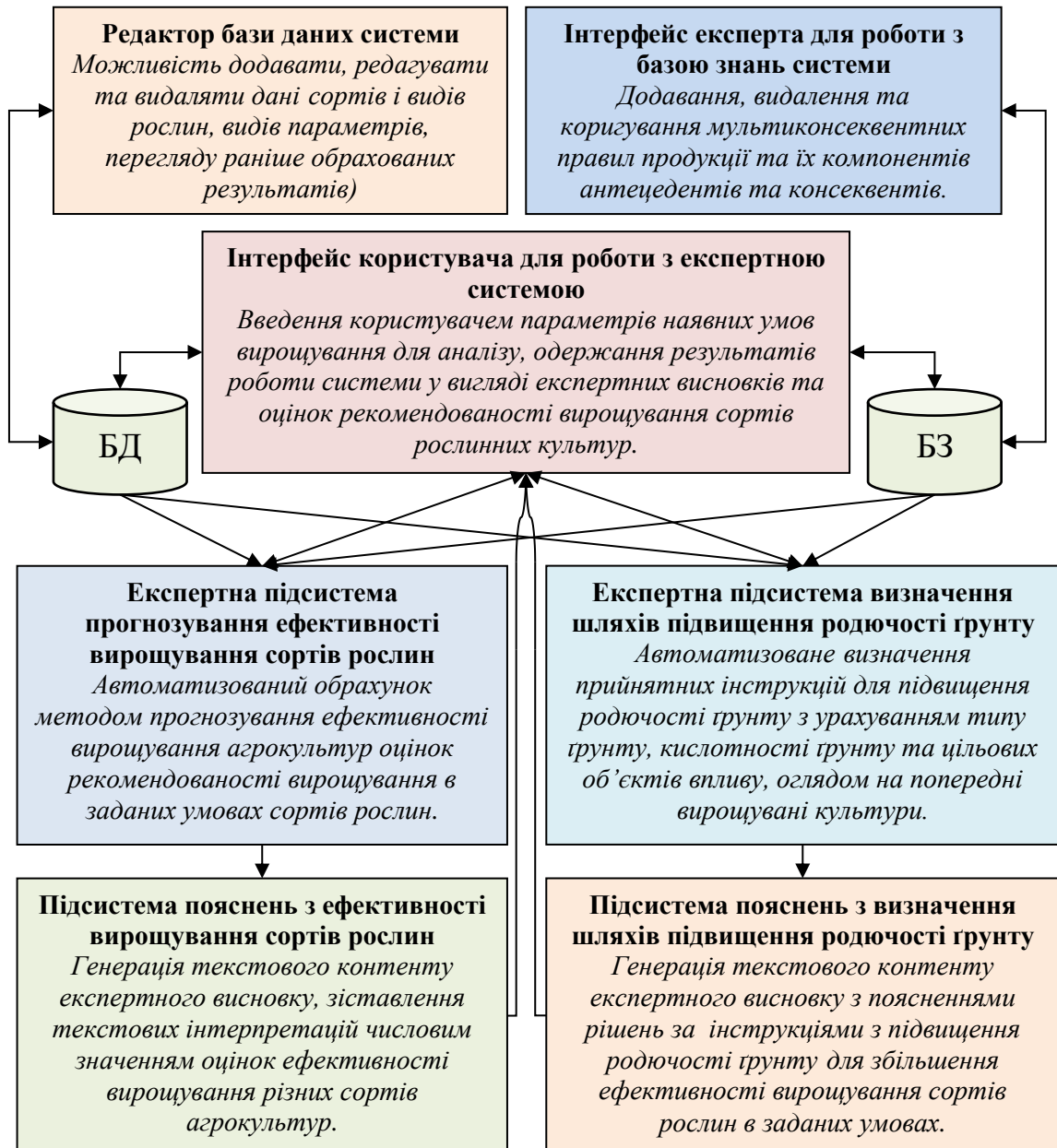
## Додаток В

### Схема інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур



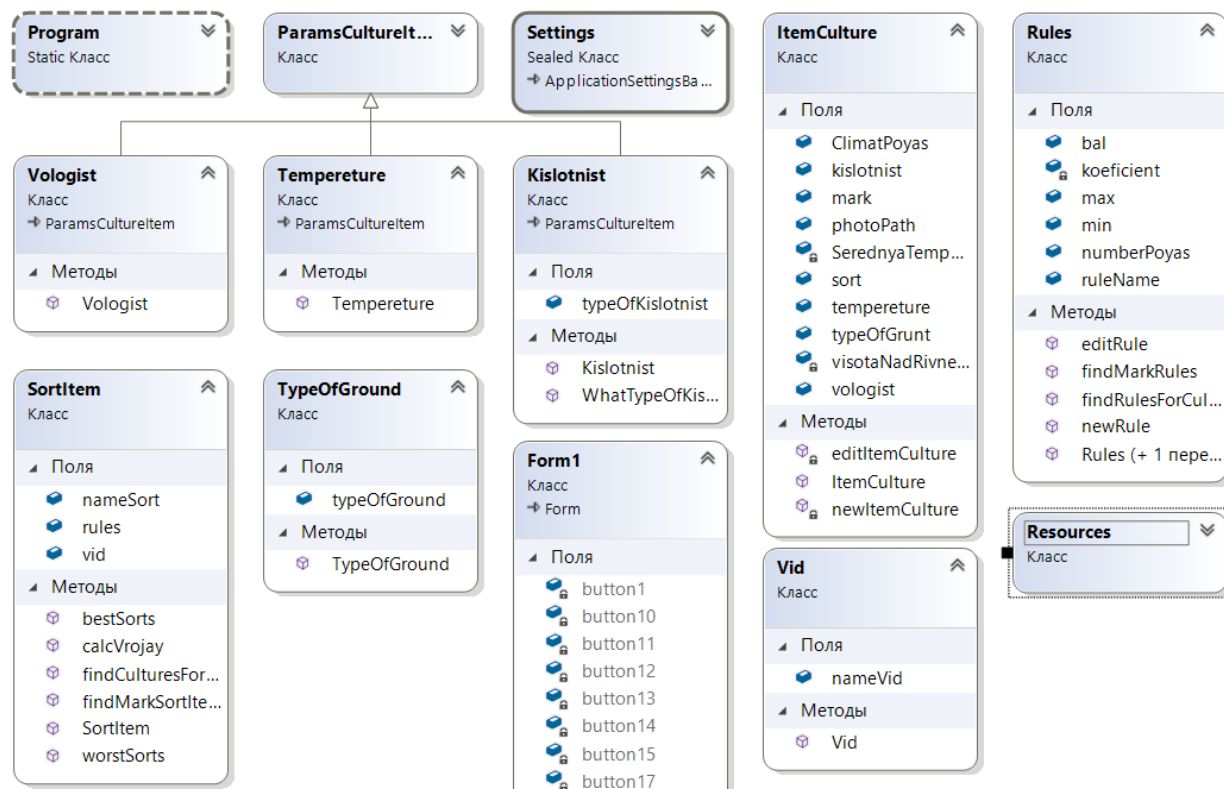
## Додаток Г

## Архітектура інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур



## Додаток Д

## Діаграма класів інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур



**Додаток Е**  
**Світлини наукових публікацій, виконаних при роботі над**  
**кваліфікаційною роботою магістра**

*(ксерокопії титульної сторінки, сторінки змісту та всіх сторінок із публікацією)*

Перелік наукових публікацій:

1. Левчик Т. С., Собко О. В., Житкевич В. В., Міхалевський В. Ц. Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021». Хмельницький, 2021. с. 359-363.

Міністерство освіти і науки України  
Хмельницький національний університет



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції  
«Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021»

*15-16 жовтня 2021*

Хмельницький 2021

<i>Галкина Р. І., Базрїй Р. О., Схрїнник Т. К.</i> Застосування адаптивного підходу для реалїзації системи опитувань та тестувань .....	306
<i>Грїнь С. С., Пїковар О. С., Таранчук А. А.</i> Забезпечення прихованості дїт та криптографїчного захисту аналогових сигналів в хаотичній системі зв'язку .....	309
<i>Данчук С. В., Базрїй Р. О.</i> Технологія автоматизованого отримання даних з веб-ресурсів для бізнес-аналїтики .....	312
<i>Длузюнович Н. А.</i> Інформаційна технологія фїнансового моделювання для розвитку малого підприємництва .....	316
<i>Дрозд А. І., Фіорун Ю. В.</i> Метод розподїлу обчислювальних ресурсів для обробки розподїлених потоків даних .....	319
<i>Дубар О. В., Мїхалевський В. Ц., Схрїнник Т. К.</i> Інформаційна система для забезпечення підтрїмки екологічної рїзноваги .....	321
<i>Єфїмчук А. С., Схрїнник Т. К., Мазурець О. В., Молчанова М. О.</i> Автоматизований розподїл процесів при управлінні IT-проектами в складних критично-безпечкових умовах .....	324
<i>Жмїкєвич В. В., Медведчук В. Ю.</i> Метод відновлення пошкоджених растрових зображень .....	332
<i>Заревний В. І., Схрїнник Т. К.</i> Методи шифрованої передачі даних між хмарними підпросторами .....	335
<i>Курфякєє В. В., Фіорун Ю. В.</i> Аналіз та застосування методів оптимїзації швидкодії та відмовостійкості програмних продуктів .....	338
<i>Курдїмбаха А. В., Мазурець О. В., Собко О. В., Молчанова М. О.</i> Інформаційна технологія оцінювання діяльності сімейного лікаря за даними прийомів .....	340
<i>Лавренїїї А. А., Петровський С. С.</i> Метод оцінювання наповненості дистанційних курсів предметів у школі .....	349
<i>Левченко Т. В., Блажук В. Д., Молчанова М. О., Собко О. В.</i> Метод оптимїзації транспортних перевезень засобами біологічної метазвїрїстни .....	352

<i>Левчик Т. С., Собко О. В., Жмїкєвич В. В., Мїхалевський В. Ц.</i> Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур .....	359
<i>Манзюк Е. А., Схрїнник Т. К.</i> Система цільової класифїкації на послїдових даних .....	364
<i>Мамїїїїчук І. І., Базрїй Р. О., Схрїнник Т. К.</i> Моделювання веб-орїєнтованих систем .....	367
<i>Мельник В. С., Мїхалевський В. Ц., Схрїнник Т. К.</i> Інформаційна система для комплексної обробки деревини .....	372
<i>Овчєний О. В., Медведчук В. Ю., Медведчук Н. К.</i> Основні принципи організації і особливості відеоконференцїв'язку .....	375
<i>Онишко О. Г.</i> Метод та програмні засоби препроєсїнту вїдного текстового контенту .....	379
<i>Радїїїк Р. М.</i> A mental model approach for making decisions in it project management .....	381
<i>Пастїїїчик О. А.</i> Програмна система методу замірковування лїнійних перевезень за аналізом зображень .....	385
<i>Павловський В. І., Савосько О. М.</i> Виявлення шкідливого трафіку за використанням глибокого навчання .....	390
<i>Пастїїїчик О. А., Юцєнко В. Б., Схрїнник Т. К.</i> Інформаційні технології як засіб автоматизації та оптимїзації маркетингових кампанїї в соціальних мережах .....	395
<i>Петровський С. С.</i> Метод зв'язаної оцїнки успішностї навчання у школі .....	398
<i>Рожков Д. В., Петровський С. С., Схрїнник Т. К.</i> Інформаційна система організації обїгу нормативних документів .....	401
<i>Схрїнник Т. К., Манзюк Е. А.</i> Метод машинного навчання для визначення якостї перекладу текстової інформації .....	404
<i>Юцєнко В. Б., Схрїнник Т. К., Пастїїїчик О. А.</i> Інформаційні технології у соц-медїа: PR, реклама, підгогенерация .....	406
<i>Яковчук М. В., Мїхалевський В. Ц., Схрїнник Т. К.</i> Система прийняття рїшень у виробничих процесех сїльськогосподарського пїдприємства .....	408
<i>Ямїїїна О. М., Мартїїїнюк О. Р.</i> Система управлїння якїстю у розробці програмних продуктів .....	410

ймовірностей вибору шляхів. Далі обраховується оцінка наявності пріоритетного вибору для кожного шляху, тобто чи імовірність вибору певного шляху не перевищує сумарну імовірність вибору решти шляхів при русі із обраного пункту.

За результатом обранню оцінки наявності пріоритетного вибору для кожного шляху виконується перевірка наявності шляхів пріоритетного вибору для кожного пункту. Якщо виявляється, що певний шлях пріоритетного вибору не для кожного пункту чи відсутні шляхи пріоритетного вибору, то виконується перехід на Крок 2 для імпляції обходу маршрутів агентами. Якщо ж виявляється, що певний шлях пріоритетного вибору для кожного пункту, то виконується перехід на Крок 4 для формування результуючого маршруту та його параметрів. Спершу виконується формування множини пунктів результуючого маршруту й множини шляхів результуючого маршруту. Потім здійснюється обранню номінальної довжини результуючого маршруту і умовної довжини результуючого маршруту.

Вислідом даними методу оптимізації транспортних перевезень засобами біологічної метаеволюції є побудований маршрут у вигляді послідовності пунктів та множини шляхів, а також номінальна довжина та умовна довжина побудованого маршруту.

Перевагами розробленого методу оптимізації транспортних перевезень засобами біологічної метаеволюції є можливість врахування не тільки доступності шляхів між пунктами та показників їх довжини, а й показників динаміки й якості руху на шляхах та показників імовірності пова перехід на шляхах.

#### Перелік посилань:

1. Знаков Р. В., Марчук Г. В. Приклад ді мурашного алгоритму при вирішенні задачі комівояжера. URL: <https://conf.znu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/17-1.pdf>
2. Опішник А. О., Федорченко Є. М., Степаненко О. О., Рудь М. С. Розв'язання задачі комівояжера на основі еволюційного моделювання. Ресурси, зберігання і обробка даних, 2019. Т. 21. №3. С. 31-41
3. Утривовський Б. В., Кутельмах Р. К. Дослідження ефективності декомпозиційного методу спільних ребер для розв'язування задачі комівояжера великих розмірностей. Молодий вчений Львів, 2017. №2. С. 147-150
4. Черкас Д. В., Кривошляк Н. О. Дослідження генетичних алгоритмів розв'язування задачі оптимізації. Вісник Черкаського університету. 2019. Серія: Прикладна математика. Інформатика. №2. С. 34-43
5. Сазько В. А., Бабенко М. В., Дімар Н. М., Гасало І. О. Розробка паралельного мурашного алгоритму на прикладі задачі комівояжера. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. 2020. Том 1. №36. С. 105-108.

УДК 004

Левчик Т. С., Собко О. В., Житкевич В. В., Міхалевський В. Ц.

Львівський національний університет

## МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ХВОРОБ РОСЛИННИХ КУЛЬТУР

Запропоновано новий метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. При використанні якого приймається за вихідне, що для різних сортів рослин при діагностуванні різних хвороб можуть враховуватись різні симптоми у різних параметричних проєктах. Держимірною рисою розробленого методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур також є те, що при його застосуванні виконується не тільки відходима параметрично наближених до симптоматик хвороб, а й застосовується на експлоатації параметричне симуляційне моделювання можливих захворювань, що дозволяє в процесі роботи методу розширити симуляційну картину на етапі до розгляду відпочатку безпосередньої діагностики.

*The new method of automated diagnosis of plant diseases is proposed, the use of which is taken as a starting point, that for different plant varieties in the diagnosis of different diseases may take into account different symptoms in different parametric manifestations. The characteristic feature of developed method of automated diagnosis of plant diseases is also that its application not only rejects parametrically unassessable symptoms, but also requires user to parameters set of symptoms of potential diseases, which allows the method to expand symptomatic picture and take to consider initially unobserved diseases.*

Хвороба рослин – це будь-яке порушення нормальних фізіологічних функцій її організму, що відбувається під впливом зовнішніх факторів впливу і призводить до виникнення різних симптомів або протікає безсимптомно, проте призводить до зниження врожаю і його якості [1].

Фактично не має значення яке призначення виконує рослина – чи це сільськогосподарська культура, чи це декоративна рослина, вона за шкал свого життя може піддаватися різним захворюванням. Більше того, більшість захворювань можуть проявлятися однаково як на травах, так і на чагарниках та деревах [2].

Вирішення задачі діагностування хвороб рослинних культур за допомогою експертних систем є перспективним з тих причин, що вони надають визначену й об'єктивну відповідь за введеними користувачем даними, має велику швидкодію, має можливість постійно розширюватись, а також має пояснення щодо вибору певного розв'язку задачі.

На сьогоднішній день існує ряд рішень, що допомагають вирішувати задачу діагностування хвороб рослинних культур. Це такі системи як Pflanz ADAMA Lab, Електронний довідник «Визначник шкідників і хвороб рослин», Уага CheckIT та Agrobase [3, 4]. Відомі програмні продукти для вирішення завдання діагностування хвороб рослинних культур мають ряд недоліків, основним недоліком з яких є те, що оскільки більшість з них доступна тільки у версії для мобільних телефонів, то у них реалізовані переважно функції діагностичних хвороб по світликах [5]. Враховуючи те, що багато хвороб можуть мати схожий зовнішній вигляд, при неакісних зображеннях можливі помилки діагностування та з таких даних може бути визначений неповний перелік симптомів, розробка методів і засобів діагностування хвороб рослинних культур за шаблонами хвороб на поточному етапі є актуальним.

Метою роботи є розробка методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур для автоматизованого визначення захворювань рослинних культур за множиною назвних симптомів і їх параметрів та сортом рослини що діагностується.

Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур використовує множиною даних інформаційної моделі діагностування хвороб рослинних культур для визначення множини діагностованих хвороб рослини за множиною назвних симптомів, параметрами назвних симптомів та сортом рослини. На Рисунок 1 зображено схему етапів методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур. Вихідними даними методу є множиною множиною назвних симптомів, параметри назвних симптомів та сорт рослини що діагностується. Також метод використовує відомості з бази даних, до яких належать хвороби, симптоми та сорти рослин, і відомості з бази знань, зокрема симптоми хвороб і характерні граничні параметри симптомів хвороб.

При роботі методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур спершу виконується формування множини можливих хвороб рослини шляхом додавання до порожньої вихідної множини всіх хвороб, у яких присутні назвні симптоми. Після цього здійснюється формування множини потенційних хвороб рослини, при якому з множини потенційних хвороб рослини видалаються всі хвороби, у яких параметри невідповідні заданим.

Після цього перевіряється, чи відомо всі параметри всіх симптомів для множини потенційних хвороб рослини. Якщо відомо не всі параметри всіх симптомів для множини потенційних хвороб рослини, то формуються запит невідомим параметрів у користувача, в результаті чого забезпечується додавання відсутніх параметрів визначених симптомів. Якщо ж відомо всі параметри всіх симптомів для множини потенційних хвороб рослини, то виконується формування множини діагностованих хвороб рослини шляхом видалення з множини всіх хвороб, у яких симптоми не відповідають назвним параметрам.

У такий спосіб одержуються вихідні дані методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур у вигляді множини діагностованих хвороб рослини. Таким чином, розроблено метод автоматизованого діагностування

хвороб рослинних культур, який використовує множиною даних інформаційної моделі діагностування хвороб рослинних культур для визначення множини діагностованих хвороб рослини за множиною назвних симптомів, параметрами назвних симптомів та сортом рослини.

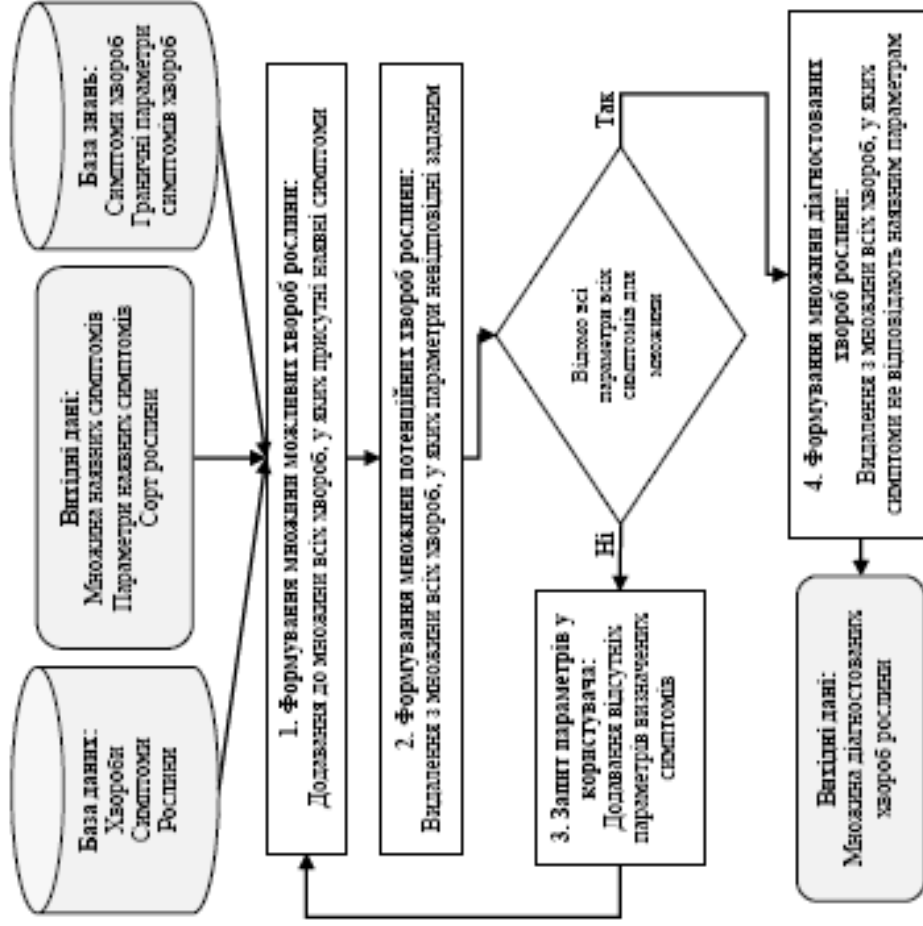


Рисунок 1 – Схема методу автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур

Була створена інформаційна система автоматизованого визначення захворювань рослинної культури (рисунком 2), яка використовує метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур і складається з бази

даних, бази знань та п'ять функціональних модулів, що мають різне призначення: модуль роботи користувача з експертними даними, модуль роботи користувача з каталоговими даними, модуль взаємодії користувача з оперативними даними, модуль формування множини хвороб рослини та модуль експертного пояснення встановленого діагнозу та виведення користувачу результатів роботи.

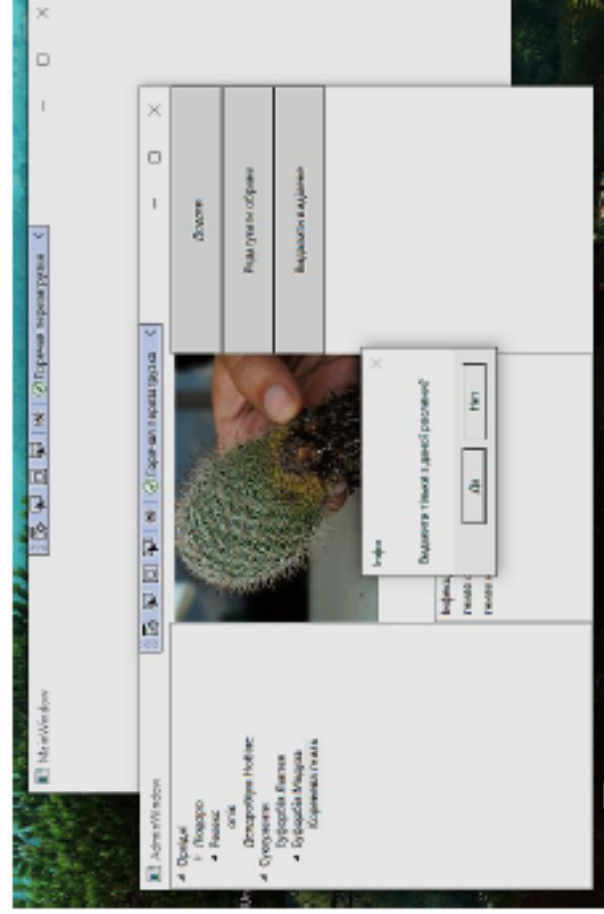


Рисунок 2 – Інтерфейс інформаційної системи автоматизованого визначення захворювань рослининої культури

Практичне використання розробленої системи авторами роботи для аналізу 93 випадків захворювань рослин із власного досвіду та світлинах у вільному доступі, в порівнянні з системою Yara CheckIT виявило, що хоча на початковому етапі діагностування розроблена інформаційна система одержала гірші результати (у середньому 78,5% проти 81,1%), за результатом додаткових запитів на симптоми результат розробленою інформаційною системою був покращений до 86,9%. Дослідження підтверджує високу ефективність розробленого методу автоматизованого діагностування хвороб рослининої культури.

При використанні методу автоматизованого діагностування хвороб рослининої культури приймається за вихідне, що для різних сортів рослин при діагностуванні різних хвороб можуть враховуватись різні симптоми у різних параметричних проявах.

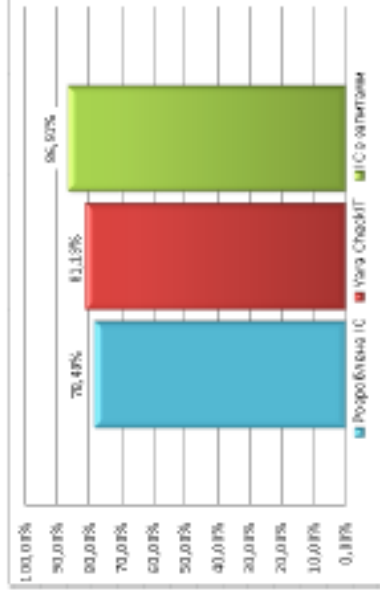


Рисунок 3 – Діаграма порівняння випадків коректного визначення захворювань рослининої культури розробленою інформаційною системою, системою Yara CheckIT та розробленою інформаційною системою з додатковими запитами на симптоми

Характерною рисою розробленого методу автоматизованого діагностування хвороб рослининої культури також є те, що при його застосуванні виконуються не тільки відхилення параметричних неприємних по симптомах хвороб, а й запити користувачу на встановлення параметрів симптомів потенційно можливих захворювань, що дозволяє в процесі роботи методу розширити симптоматичну картину та взяти до розгляду віпочатку безпідставні діагнози. При зворотному використанні методу, можливе прогнозування сукупних хвороб рослининої культури формування шаблонів запитів на симптоми, які формуються за відповідним обсягом прогнозованих хвороб рослининої культури.

#### Перелік посилань:

1. I.M. Михайленко, I.B. Воронков. Методи визначення бур'янів, хвороб та шкідників рослин за даними дистанційного зондування. URL: [http://d33.inforbase.ru/d33\\_com/5b201663/72-83.pdf](http://d33.inforbase.ru/d33_com/5b201663/72-83.pdf)
2. Головний сайт для агрономів. Хвороби рослин. URL: <https://agronom.com/slovnik-agronoma/hvoroba-roslini-id19372>
3. Олешко Т.І., Квашук Д.М., Билченко А.М. Сучасні підходи до аналізу зображень в системах ідентифікації захворювань рослин із застосуванням детектору FAST. URL: <https://jpr.i.ua/index.php/SBT/article/view/14575>
4. Д. М. Квашук, В. В. Пашукалій. Діагностика захворювань рослин з використанням технології розпізнавання образів в системі економічної бази даних фермерських домогосподарств. URL: [http://www.ecosystem.uauka.com.ua/pdf/6\\_2019/68.pdf](http://www.ecosystem.uauka.com.ua/pdf/6_2019/68.pdf)
5. UkrHasina.ua. Хвороби рослин в саду і на городі. URL: <https://ukrhasina.com.ua/articles/bolezni-tastemu-v-sadu-i-ogorode-45924/>

## Додаток Ж

### Презентаційний матеріал

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

# МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ АГРОКУЛЬТУР

Виконав:

*студент 2 курсу, група КНМ-20-1*  
Левчик Тарас Сергійович

Керівник:

*к.т.н., доцент кафедри КН*  
Мазурець Олександр Вікторович



## Актуальність

Однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості врожаю є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. Саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур, тому дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші складові, які забезпечують отримання найкращого результату при найменших затратах праці.

Саме прогнозування ефективності вирощування агрокультур є нульовим етапом в великому і складному процесі вирощування агрокультур з метою його подальшої реалізації. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

Згідно поставленого завдання, областю застосування методу є прогнозування ефективності вирощування агрокультур. У такому випадку, зміна значень параметрів умов вирощування впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з придатних до вирощування сортів рослин. Це визначає можливість використання множин мультиконсеквентних правил продукції для експертного прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

## Мета роботи

**Мета кваліфікаційної роботи магістра** – розробка методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин. Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні **задачі дослідження**:

1. Провести аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.
2. Розробити метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур.
3. Розробити інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
4. Розробити інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
5. Провести прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

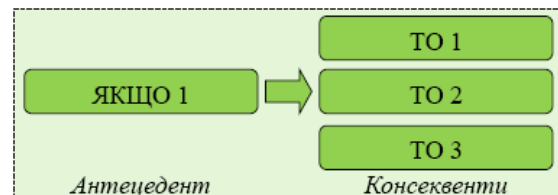
Прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур ставить ціллю визначення переваг і особливостей застосування мультиконсеквентних правил продукції на прикладі розв'язання задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

## Особливості використання мультиконсеквентних правил продукції у задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

*Класичне правило продукції*



*Мультиконсеквентне правило продукції*



## Особливості використання мультиконсеквентних правил продукції у задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур

<i>Антецедент правила продукції</i>	<i>Об'єкт впливу</i>	<i>Консеквент правила продукції</i>	
Антецеденти	Рів'єра	Імпала	Брісколіно
Кислотність ґрунту 4,9 – 5,6	4	3	2
Кислотність ґрунту 5,1 – 5,5	1	1	2
Кислотність ґрунту 5,7 – 6,1	-1	0	1
Кислотність ґрунту 6,2 – 6,8	-15	-10	-5

*Мультиконсеквентне правило продукції*

## Підхід до визначення необхідних дій для коригування мультиконсеквентних правил продукції в базі знань

Задача	Необхідні дії для виконання
Потрібно додати нове правило	Додавання нових антецедентів правила до всіх об'єктів впливу
Потрібно додати новий об'єкт	Додавання антецедентів всіх правил до нового об'єкту впливу
Потрібно видалити існуюче правило	Видалення антецедентів обраного правила до всіх об'єктів впливу
Потрібно видалити існуючий об'єкт	Видалення антецедентів всіх правил до обраного об'єкту впливу



## Формальне подання умов вирощування в методі прогнозування ефективності вирощування агрокультур

Кінцевою метою застосування методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур є автоматизоване одержання числових оцінок та відповідних цільових текстів рекомендацій щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин. Ці дії виконуються за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур визначено наступні:

- тип ґрунту ( $G_t$ );
- вологість ґрунту ( $P_v$ );
- середньодобова температура сезону ( $T$ );
- кислотність ґрунту ( $P_n$ );
- кліматичний пояс ( $C_p$ );
- кут нахилу схилу ( $A$ );
- сторона повороту схилу ( $T_a$ );
- висота земельної ділянки над рівнем моря ( $H$ ).

## Формальне подання умов вирощування в методі прогнозування ефективності вирощування агрокультур

Множина умов вирощування агрокультур  $M$  для визначення ефективності вирощування буде мати вигляд:

$$M = \langle G_t, P_v, T, P_h, C_p, A, T_a, H \rangle$$

Тип ґрунту обирається із множини значень:

$G_t = \{ \text{Піщаний, Глинистий, Кам'янистий, Торф'яно-болотяний, Супіщаний, Суглинний, Дерново-підзолистий, Сірий лісовий, Чорнозем, Каштановий} \}$ .

$P_v$  подається у відсотках від 0 до 100%. За показниками кислотності ( $P_h$ ) ґрунти поділяють на класи:

- дуже сильнокислі ( $P_h < 4,0$ );
- сильнокислі ( $P_h = 4,1-4,5$ );
- кислі ( $P_h = 4,5-5,0$ );
- слабокислі ( $P_h = 5,0-5,5$ );
- близькі до нейтральних ( $P_h = 5,5-6,0$ );
- нейтральні ( $P_h = 6,0-7,0$ );
- лужні ( $P_h > 7,0$ ).

Для більшості рослин оптимальний рівень  $P_h$  дорівнює 6,0-6,5. У випадку невідповідності показника  $P_h$  потребам рослин не тільки знижуються показники врожайності, а й значно страждає якість кінцевої продукції.

## Формальне подання умов вирощування в методі прогнозування ефективності вирощування агрокультур

Кліматичний пояс ( $C_p$ ) обирається із множини значень:

$C_p = \{ \text{Арктичний, Помірний, Тропічний, Екваторіальний, Антарктичний} \}$ .

Кожен кліматичний пояс має певні характерні рослини, які найкраще ростуть саме там.

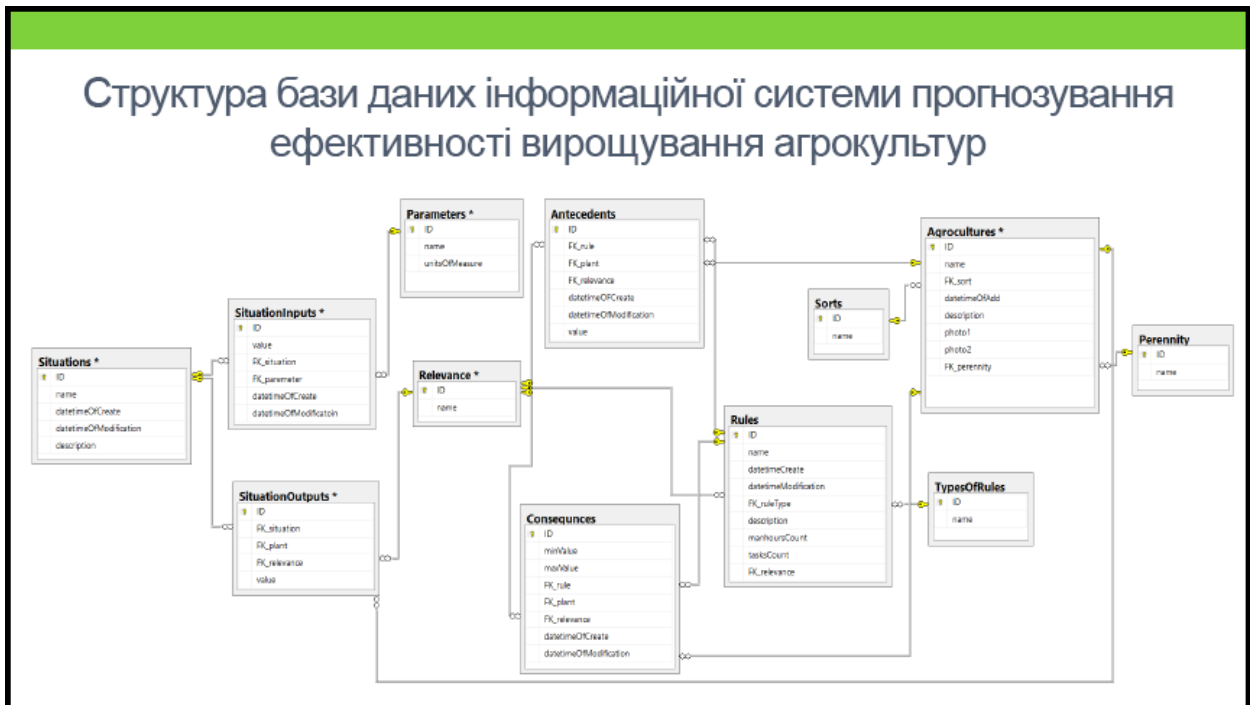
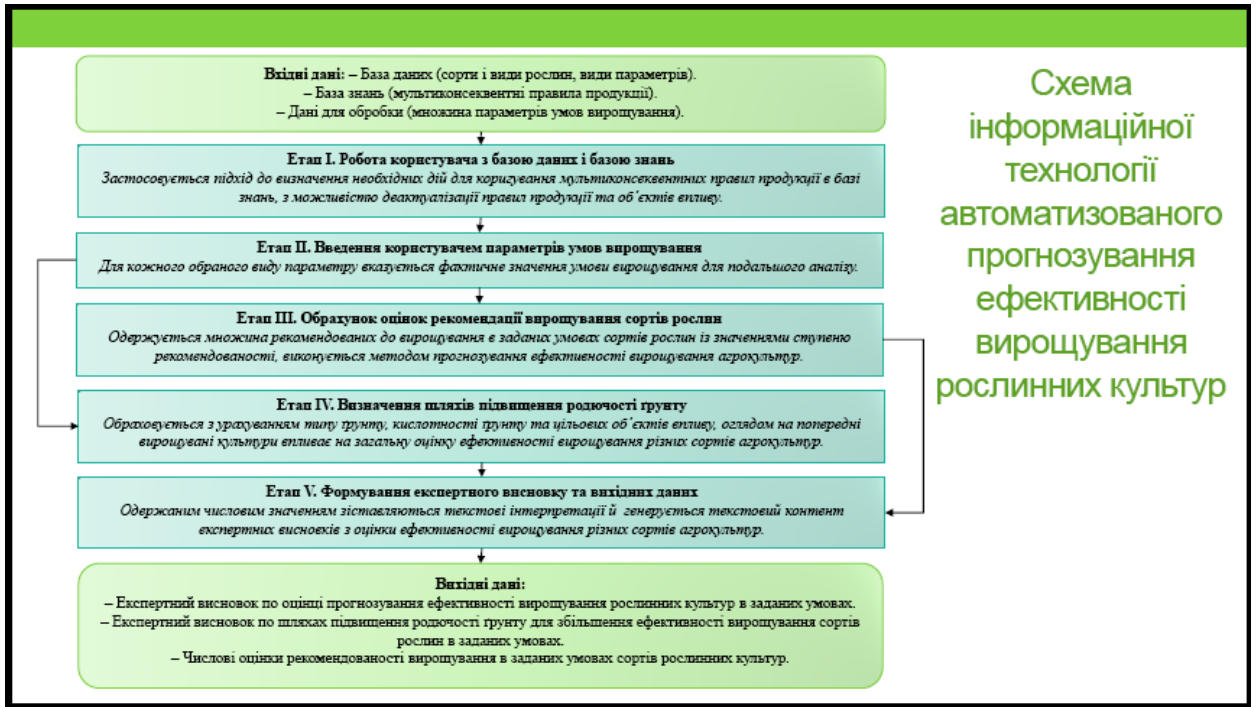
Для росту і розвитку агрокультур дуже важливим чинником є температура, при виборі відповідних сортів рослин для городу потрібно враховувати розташування городу, висоту ділянки над рівнем моря, світла і тому подібне. Ділянка схилу що звернена на північ, у порівнянні з рівниною холодніше на 30-40%, а схили, повернуті до півдня, на 10% тепліше, ніж рівнинний город. Найхолодніше також на тих городах, які розташовані вище рівня моря. Із збільшенням висоти над рівнем моря, знижується середня температура (кожних 300 метрів приблизно на 1,5 °C).

Сторона повороту схилу  $T_a = \{0, 1\}$ . Значення 0 буде у тому випадку, якщо ділянка повернута на північ, 1 – якщо повернута на південь.

Відповідно, температура у залежності від висоти над рівнем моря та нахилу буде корегуватись за правилом:

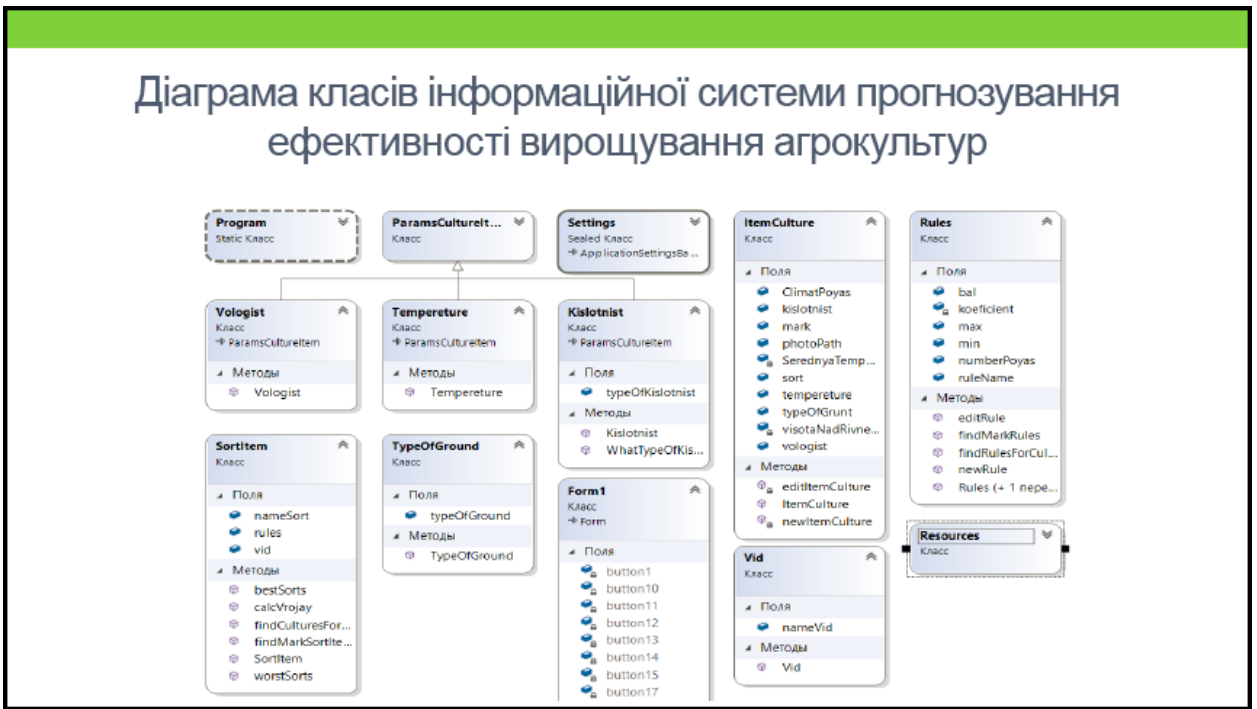
$$T = T - (H / 300) * 1.5$$

$$T = \begin{cases} T + T \cdot (A \cdot 0,1), & \text{якщо } T_a = 1 \\ T + T \cdot (-A \cdot 0,3), & \text{якщо } T_a = 0 \end{cases}$$





Діаграма класів інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур



## Прикладне реалізація інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур

**Параметри провила**

Висновок параметри, або обрати їх з відповідного списку

Результат прогнозування: середня урожайність вирощування

№	Сорт	Вид	Урожайність
1	Галація	Картопля	20
2	Галація	Картопля	15
3	Галація	Картопля	200
4	Галація	Картопля	6,5
5	Галація	Картопля	Помірний
6	Галація	Картопля	Помірний

Висновок: **Галація**

Висновок не буде розраховано, якщо параметри не будуть задані.

## Прикладне реалізація інформаційної системи прогнозування ефективності вирощування агрокультур

**Обрати параметри зі списку**

Тип ґрунту: Піднятий

Кислотність ґрунту (pH): Пухля при pH > 7,0

Застосувати параметри

Правило	Сорт	Вид	MIN значення	MAX значення	Оцінка по даному правилу
Кислотність ґрунту	Мадлен	Картопля	7	10	3
Середньодобова темп...	Мадлен	Картопля	10	25	5
Кліматичний пояс	Мадлен	Картопля	Помірний	Помірний	6
Вологість	Констанс	Картопля	85	90	4
Кислотність ґрунту	Констанс	Картопля	7	10	3
Середньодобова темп...	Констанс	Картопля	11	25	5
Кліматичний пояс	Констанс	Картопля	Помірний	Помірний	8
Вологість	Томат Брісколіно F1	Томати	70	80	-25
Кислотність ґрунту	Томат Брісколіно F1	Томати	6,1	7	3
Середньодобова темп...	Томат Брісколіно F1	Томати	15	33	5
Кліматичний пояс	Томат Брісколіно F1	Томати	Помірний	Помірний	8
Вологість	Томат Ріо-Гранде	Томати	85	90	-25
Кислотність ґрунту	Томат Ріо-Гранде	Томати	6,1	7	3
Середньодобова темп...	Томат Ріо-Гранде	Томати	15	35	5
Кліматичний пояс	Томат Ріо-Гранде	Томати	Помірний	Помірний	8
Вологість	Томат Уно Россо F1	Томати	72	85	4

## Практичне значення одержаних результатів

При розв'язанні задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур оцінка прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур виконується за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції, які стосуються різних видів умов вирощування агрокультур, серед яких можуть бути найрізноманітніші, наприклад регулярність поливу, попередні вирощені культури. Серед вагомих умов вирощування агрокультур, що значно впливають на можливість вирощування агрокультур, при практичному застосуванні інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур використано наступні: тип ґрунту, вологість ґрунту, середньодобова температура сезону, кислотність ґрунту, кліматичний пояс, кут нахилу схилу, сторона повороту схилу, висота земельної ділянки над рівнем моря.

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований у роботі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути **застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру**, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо, коли зміна значень параметрів з множини умов впливає різним чином на прийняття рішень щодо кожного з екземплярів із множини об'єктів впливу.

## Практичне значення одержаних результатів

Перевагами використання мультиконсеквентних правил продукції, визначеними за результатом практичного використання розробленого методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур, є наступне:

- **висока стійкість методу до неповних вхідних даних;**
- **можливість обрахунку результату за неповних вхідних даних;**
- **можливість суттєво збільшити ефективність роботи методу шляхом збільшення кількості правил продукції;**
- **можливість додавати нові сорти рослин та види умов вирощування без впливу на наявні дані.**

## Положення новизни та інновації

- **Розроблено новий метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур**, що дозволяє за заздалегідь створеними мультиконсеквентними правилами продукції та параметрами наявних умов вирощування автоматизовано оцінювати прогнозований результат успішності вирощування в заданих умовах сортів рослин із числовими значеннями ступеню рекомендованості їх до вирощування.
- **Розроблено нову інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур**, яка дозволяє з використанням створеного методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур за вхідними даними у вигляді сортів рослин, умов вирощування та правилами продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин одержувати вихідні дані у вигляді експертних висновків по оцінці прогнозування ефективності вирощування рослинних культур та по шляхах підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування сортів рослин, а також числові оцінки рекомендованості вирощування в заданих умовах сортів рослинних культур.
- **Розроблено нову інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур**, що дозволяє за створеною інформаційною технологією для заданих користувачем умов вирощування автоматизовано одержувати числові оцінки та відповідні цільові текстові рекомендації щодо прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослинних культур й підвищення родючості ґрунту для збільшення ефективності вирощування відповідних сортів рослин.

## Загальні висновки

Кваліфікаційна робота магістра розв'язує **науково-технічну задачу** автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур за проектування та розробки відповідної експертної системи, яка використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра були **поставлені та вирішені наступні завдання**:

1. Проведено аналіз відомих підходів до автоматизованого прогнозування ефективності вирощування агрокультур.
2. Розроблено метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, який використовує мультиконсеквентні правила продукції для формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин.
3. Розроблено інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
4. Розроблено прикладну інформаційну експертну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.
5. Проведено прикладне дослідження функціональності інформаційної технології автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур.

Ім'я користувача:  
Кафедра КН

Дата перевірки:  
05.12.2021 19:42:49 EET

Дата звіту:  
05.12.2021 19:48:42 EET

ID перевірки:  
1009530318

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
100005671

Назва документа: 2021\_КРМ\_Левчик 20211205 2 АНТИПЛАГІАТ

Кількість сторінок: 91 Кількість слів: 15324 Кількість символів: 123750 Розмір файлу: 8.18 MB ID файлу: 1009540880

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 7.4% Схожість

Найбільша схожість: 3.86% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1009540885)

1.2% Джерела з Інтернету 8 ..... Сторінка 93

6.73% Джерела з Бібліотеки 105 ..... Сторінка 93

## 3.01% Цитат

Цитати 15 ..... Сторінка 94

Посилання 1 ..... Сторінка 95

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 10

Підозріле форматування 14 сторінок

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальное совпадение с одним документом 8.0%**

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Ошибок в документах: 9%**

ID: 98045 Название: Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур Добавлено в БД: 2021-12-05 Авторы: Т.С. Левчик Руководители: О.В. Мазурець Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	107787	732	13878 (13%)	123 (17%)

### Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА ДО ЗАХИСТУ  
ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ ЗВІТУ ПОДІБНОСТІ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур

Автор: Левчик Тарас Сергійович

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: к.т.н., доц.каф.КН Мазурець Олександр Вікторович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	—
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	—
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	—

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) За програмою Anti-Plagiarism виявлені 13%, які є фрагментарними, не більше 8% на джерело – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни та визначення.
- 2) За програмою UNICHECK виявлені 7,4%, які є фрагментарними, не більше 3,86% на джерело – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни та визначення.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 13% і 7,4% відповідно, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



Олександр Мазурець

Гарант ОП



Руслан Багрій

Завідувач кафедри КН



Олександр Бармак



## ВІДГУК ОПОНЕНТА

### на кваліфікаційну роботу магістра

*гр. КНм-20-1 Левчика Тараса Сергійовича за темою: Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур*

#### **1. Актуальність обраної теми**

Тема кваліфікаційної роботи магістра є актуальною та належним чином обґрунтована. Стосується питання прогнозування ефективності вирощування агрокультур, яке є однією із складових успішного їх вирощування та отримання високих показників якості врожаю. В результаті формального подання впливу параметрів наявних умов на ефективність вирощування різних сортів рослин з'являється можливість прогнозування ефективності вирощування різних сортів рослин.

#### **2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт**

Обрана тема, в межах якої реалізовані поставлені задачі, повною мірою відповідає предметній області спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та вимогам до кваліфікаційної роботи магістра.

#### **3. Повнота розкриття мети та завдань дослідження**

В роботі повністю розкрито мету дослідження та поставлені в межах теми завдання дослідження.

#### **4. Наявність наукової новизни**

В кваліфікаційній роботі представлена наукова новизна та інновації, відповідна спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» в межах обраної області дослідження. Продемонстровано та обґрунтовано результати, які мають наукове та інноваційне значення. Результати дослідження оприлюдненні на науково-практичній конференції.

#### **5. Зміст кожного розділу роботи**

Робота містить чотири розділи. У першому розділі обґрунтовано актуальність та поставлені задачі дослідження. Другий розділ присвячено розробці методу і засобів прогнозування ефективності вирощування агрокультур. У третьому розділі представлена розробка інформаційної системи автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. У четвертому розділі присвячено аналізу результатів

прикладного дослідження функціональності інформаційної системи й відповідно досліджена ефективність методу прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

#### **6. Ступінь розкриття теми роботи**

Тема роботи в повній мірі обґрунтована, проведено аналіз актуальності та відомих досліджень в межах обраної теми, поставлені завдання, які реалізовані та проведено аналіз результатів прикладного запропонованих методу і засобів.

#### **7. Якість оформлення кваліфікаційної роботи**

Оформлення роботи відповідає необхідним нормам та вимогам, які ставляться до оформлення кваліфікаційних робіт

#### **8. Недоліки кваліфікаційної роботи**

Загалом робота позбавлена суттєвих недоліків. Хоча в роботі в переліку скорочень було введено ряд скорочень, в роботі вони у деяких випадках не були застосовані.

#### **9. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), якої оцінки заслуговує кваліфікаційна робота.**

Враховуючи рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка відмінно.

Опонент \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Валерій МАРТИНЮК



## ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА

### на кваліфікаційну роботу магістра

*гр. КНм-20-1 Левчика Тараса Сергійовича за темою: Метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур*

#### **1. Актуальність теми**

Однією із складових успішного вирощування агрокультур та отримання високих показників якості врожаю є прогнозування ефективності їх вирощування. Саме з прогнозування ефективності вирощування варто розпочинати весь процес вирощування агрокультур, тому дуже важливо обрати найбільш підходяще місце для вирощування, спосіб, посівний матеріал, добрива та інші складові, які забезпечують отримання найкращого результату при найменших затратах праці. На базі отриманих результатів такого прогнозування з'являється можливість покращувати умови вегетаційного періоду рослин, що відповідно призводить до збільшення врожайності при кожній сівозміні.

#### **2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт**

Поставлена у кваліфікаційній роботі магістра мета, пов'язана з автоматизацією прогнозування ефективності вирощування агрокультур, цілком відповідає предметній області спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та вимогам до кваліфікаційної роботи.

#### **3. Професійні та особистісні якості магістранта**

При роботі над кваліфікаційною роботою магістра Левчик Тарас Сергійович проявив себе кваліфікованим фахівцем та дисциплінованим студентом, вчасно та пунктуально виконуючи поставлені етапи дослідження. Як в процесі наукових вишукувань, так і при розробці прикладного програмного забезпечення проявив достатні для одержання успішного результату компетентності.

#### **4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи**

. Одержані положення наукової новизни та інновації, означені в роботі, є результатом особистої діяльності магістранта. Це дозволило провести створення нових та удосконалення існуючих теоретичних і прикладних засобів, створених та використаних у роботі. Магістрант самостійно виконував всі поставлені задачі.

## **5. Наукова новизна та оригінальність запропонованих підходів**

В кваліфікаційній роботі магістра представлена наукова новизна та інновації, відповідні спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» в межах обраної області дослідження. Продемонстровано й обґрунтовано результати, які мають наукове та інноваційне значення. Розроблено новий метод прогнозування ефективності вирощування агрокультур, розроблено нову інформаційну технологію автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, розроблено нову інформаційну систему автоматизованого прогнозування ефективності вирощування рослинних культур. Результати роботи оприлюднені на науково-практичній конференції.

## **6. Ступінь оволодіння методами дослідження**

В роботі виявлено високий і достатній ступінь оволодіння магістрантом необхідними методами дослідження.

## **7. Повнота та якість розкриття теми роботи**

Тема роботи в повній мірі обґрунтована й розкрита, проведено аналіз актуальності та відомих досліджень в межах обраної теми, поставлені завдання, які у роботі виконані, та проведено аналіз результатів прикладного застосування запропонованих засобів автоматизації прогнозування ефективності вирощування агрокультур.

## **8. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладу матеріалу**

Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідні поставленій меті. Викладення матеріалу грамотне та виявляє високий ступінь відповідності стилю.

## **9. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи, окремих її частин**

Підхід до використання мультиконсеквентних правил продукції, запропонований та реалізований у роботі на прикладі задачі прогнозування ефективності вирощування рослинних культур, може бути застосований і при вирішенні інших задач аналогічного характеру, наприклад визначення типів фундаментів будинків за властивостями породи та споруди, діагностуванні хвороб тощо.

## **10. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи до захисту, на яку оцінку заслуговує робота**

Враховуючи високий рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка відмінно.

Науковий керівник \_\_\_\_\_



к.т.н., доц.каф.КН Мазурець Олександр Вікторович