

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ, УПРАВЛІННЯ,
ПРАВА ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти Бакалавр

на тему: «Виявлення хвороб рослин за зображеннями»

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Інформаційні управляючі системи
спеціальності 126 Інформаційні
системи та технології
ступеня вищої освіти Бакалавр
групи 126ІСТбд21[1](стн)
Петренко В.С.
Керівник: Слюсар В.І.
Рецензент: Брикун О.М.

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи підтверджується необхідністю автоматизації процесу ідентифікацію хвороб рослин або шкідників та рекомендації щодо методів лікування на основі штучного інтелекту (ШІ). Під час діагностики та консультації ШІ може надавати навчальні матеріали, поради, інформувати про останні дослідження та найкращі практики в галузі сільського господарства, допомагаючи фермерам оновлювати та поглиблювати свої знання. Найбільш поширеним є реалізація ШІ на основі нейронних мереж. На даний час, стрімко почали розвиватись мережі на основі архітектури трансформер, наприклад великі візуальні та мовні моделі. Однак питання виявлення хвороб рослин за їх зображеннями мережами з даною архітектурою потребує додаткових досліджень. Все це свідчить про актуальність теми роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології виявлення хвороб рослин за їх зображеннями на основі штучного інтелекту.

Завданнями кваліфікаційної роботи є:

- аналіз особливостей реалізації штучного інтелекту;
- розробка технології виявлення хвороб рослин за їх зображеннями на основі штучного інтелекту;
- формування рекомендацій щодо практичної реалізації технології виявлення хвороб рослин за їх зображеннями на основі штучного інтелекту;
- економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Об'єктом дослідження є процес аналізу зображень рослин з використанням великих мовних моделей.

Предметом дослідження є виявлення характерних ознак хвороб рослин на зображеннях.

Методами визначення інструментарію для виявлення хвороб рослин за їх зображеннями на основі штучного інтелекту і економічного обґрунтування прийнятих рішень використовувався аналітичний метод досліджень, а для

розробки технології на основі виявлення хвороб рослин за їх зображеннями на основі GPT – моделювання.

Інформаційна база кваліфікаційної роботи сформована з Інтернет-ресурсів, що містять інформацію про обробку природної мови, великі мовні моделі, нейронні мережі на основі архітектури трансформера, інструментарій для класифікації зображення.

Практична значущість роботи полягає у розробці технології виявлення хвороб рослин за їх зображеннями, яка може бути використана для подальших досліджень за даною тематикою та при проектуванні мобільних додатків.

Апробація результатів відбувалася в рамках ХІХ щорічної студентської наукової конференції «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики в економіці, менеджменті та бізнесі» Полтавського державного аграрного університету (14 травня 2024 р., м. Полтава).

За результатами досліджень здійснено публікацію тез доповідей.

Структура кваліфікаційної роботи логічно пов'язана з завданнями досліджень і містить вступ, три розділи основної частини, висновки, список використаних джерел, додатки. Загальний обсяг пояснювальної записки кваліфікаційної роботи складає 54 сторінки формату А4. Вона містить 17 рисунків 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

1.1 Загальні відомості про штучний інтелект

На сьогоднішній день, штучний інтелект є одним з потужних напрямів досліджень. Завдяки розвитку технологій та науково-технічному прогресу людина отримала можливість використовувати ШІ майже у всіх можливих галузях сучасності [1].

ШІ став одним із найзначніших технологічних досягнень сучасності, і його стрімкий вплив на різні аспекти життя важко переоцінити. Протягом останніх десятиліть розвиток ШІ привів до суттєвих змін у різних галузях, та використовується майже всюди включаючи медицину, промисловість, освіту, фінанси та навіть розваги.

Сучасні алгоритми машинного навчання, глибокого навчання та обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) дозволяють створювати системи для завдань, які раніше могла виконувати лише людина, ці технології дають можливість створювати нейронні мережі, які імітують роботу людини.

Це відкриває нові горизонти для наукових досліджень і технологічних інновацій, водночас викликаючи ряд питань та проблем, які потребують уваги чи вирішення.

Незважаючи на такий стрімкий розвиток ШІ, залишаються галузі в яких його впровадження знаходиться на низькому рівні або тільки починається використовуватись, для прикладу можна взяти сільськогосподарську галузь.

У сільському господарстві мало використовується штучний інтелект через кілька причин. По-перше, багато фермерів не мають потрібної технічної оснащеності та знань, щоб користуватися цими новими технологіями. По-друге, вартість впровадження ШІ може бути дуже високою і недосяжною для багатьох сільських господарств. ШІ має великий потенціал у допомозі фермерам з вирішенням проблем і в покращенні врожаїв, тому широке впровадження ШІ до

цієї галузі може принести багато користі, а це в свою чергу призведе до покращення економічного стану сільськогосподарських підприємств.

Ідея полягає у збільшенні використання штучного інтелекту у цій галузі. Наприклад, впровадження системи розпізнавання захворювань рослин може приносити значну користь, можна взяти фермерське господарство середніх розмірів, яке зазвичай має від 500 до 10 тисяч гектарів, не складно уявити, що для догляду за рослинами на такому господарстві потрібно дуже багато коштів і людських ресурсів. Використання новаторських методів може кардинально змінити ситуацію на краще [2].

Таку систему можна легко створити та використовувати, суть її полягає в створення нейронної мережі яку слід навчити виявляти та аналізувати стан рослини та виявляти хвороби на ранніх стадіях, щоб вчасно реагувати на ці проблеми. Нейронну мережу навчають на великій кількості зображень хворих та дорослих рослин, це дозволяє системі розпізнати хвороби з високою точністю, але треба враховувати, що штучний інтелект навчається поступово, тому при перших спробах використати можуть бути помилки та аналіз здорових рослин як хворих [3].

Після навчання штучної інтелекту його потрібно підключити до дронів, які оснащені камерами та сенсорами, що і будуть в режимі реального часу спостерігати та передавати дані до нейронної мережі, при знаходженні зони де помічена хвороба, дрони сповіщають власника про це вказуючи точне місцезнаходження проблемної ділянки, це в свою чергу допоможе швидко та з мінімальними витратами слідкувати за станом та швидко реагувати на проблеми сільськогосподарських ділянок [4].

Ця система також має великий потенціал для покращення, нейронну мережу можна до навчати щоб вона мала більше функцій ніж знаходження хворих рослин.

Ідея створення перших ШІ бере свій початок ще у першій половині ХХ століття, коли вчені та інженери почали розглядати можливість створення машин, які б мали схожість на людських мозок та могли виконувати логічні

операції, вона полягала в прагненні змодельювати людський інтелект, що в свою чергу призвело до нових теорій та алгоритмів, які б могли навчити машини вирішувати завдання [5].

Важливим кроком у розвитку ідей штучного інтелекту була поява перших комп'ютерів які могли виконувати складні обчислення в багато разів швидше за людей, також це дало змогу реалізувати алгоритми, які б могли імітувати елементарні розумові процеси [6].

Перші дослідження були зосереджені на розробці алгоритмів для розв'язання логічних задач та доведення теорем.

ШІ – це галузь в комп'ютерній науці, ціль якої створювати системи, які здатні виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту, до цього відносяться розпізнавання мови, візуальне сприйняття, прийняття рішень, навчання та розв'язок проблем. ШІ в свою чергу має багато розгалужень та підгалузей, включаючи машинне навчання, нейронні мережі, робототехніку.

Основна ідея штучного інтелекту полягає в створенні алгоритмів та моделей, які можуть навчатись на основі даних, удосконалювати свої результати та самостійно приймати рішення.

Класифікація ШІ охоплює різні аспекти його розвитку та застосування, вона розглядається за кількома критеріями: здатність виконання завдань, рівень автономії, типи навчання та функціональні можливості.

За рівнем автономії ШІ можна поділити на 3 типи [7]:

– загальний штучний інтелект (Artificial General Intelligence) здатен виконувати будь-які інтелектуальні завдання, які може виконувати і людина, він більш гнучкий та універсальний, що дозволяє навчатись машинам розуміти та адаптуватись до нових ситуацій, розвиток цього напрямку до сих пір тривають, так як ця концептуальна мета ще не повністю досягнута;

– суперінтелект (Artificial Super Intelligence) – це уявна форма штучного інтелекту, яка була б набагато розумнішою за людину у всіх аспектах, це включає навички у вирішення проблем, творчості, знаннях. Ця ідея викликає багато запитань та ризиків, сама ідея створення ШІ який із часом став би

розумнішим за людиною є проблемною так як він мав б великий вплив на суспільство;

– вузький штучний інтелект (Artificial Narrow Intelligence) – ця форма штучного інтелекту призначена для вирішення конкретної задачі. ANI може бути створений лише для розпізнавання обличчя або голосу. Він гарно працює із заданим завданням, але не може вирішувати завдання за межами своєї програми. Тобто, в порівнянні із іншими видами, цей вирішує лише одну задану йому задачу, тоді як інші можуть вирішувати будь-яку.

За типом навчання штучний інтелект поділяється на 3 типи [8]:

– машинне навчання – це галузь ШІ, яка зосереджується на розвитку алгоритмів та моделей, це дозволяє комп'ютерам вчитись без програмування для кожного випадку. В основі цього методу лежить ідея «навчання на прикладах» - комп'ютер аналізує велику кількість даних задля роботи із новими даними чи завданнями;

– навчання з учителем – це метод машинного навчання, де комп'ютер отримує дані разом із правильними відповідями, ці дані використовуються для того, щоб модель аналізуючи взаємозв'язки між вхідними даними і відповідями навчилася робити правильні висновки;

– навчання без учителя – при цьому методі модель отримує дані без будь-яких підказок та відповідей, вона самостійно аналізує дані, шукаючи в них певні закономірності або схожі елементи.

Основна ідея полягає в виявленні властивостей даних, не знаючи правильної відповіді заздалегідь, цей метод використовується більше в тих моментах, де важко отримати дані з чіткими мітками або правильними відповідями;

– навчання із підкріпленням – модель навчається шляхом взаємодії з оточенням і отриманням винагороди або покарань, модель діє у певному середовищі, спробуючи здійснювати правильні дії, і отримує нагороди за успішні дії та покарання за невдачі. Основна ідея полягає в тому, щоб модель навчилася приймати оптимальні рішення, максимізуючи отриману винагороду.

За функціональними можливостями ШІ поділяється на 4 типи:

– експертні системи – спеціальні комп’ютерні програми, які намагаються працювати так, як справжні експерти у певній галузі, вони збирають знання та рекомендації від експертів і використовують їх для вирішення складних завдань або надання порад користувачам [9];

– нейронні мережі і глибоке навчання – методи машинного навчання, які намагаються імітувати роботу мозку людини. Нейронні мережі використовуються для того, щоб комп’ютери вчилися розуміти дані і робити прогнози як і люди. Глибоке навчання використовує нейронні мережі з багатьма рівнями, щоб навчити комп’ютери вирішувати складні завдання [10];

– NLP – це галузь штучного інтелекту, яка займається розумінням та обробкою мови, що використовується людьми. Головна мета – зробити так, щоб комп’ютери могли розуміти, аналізувати та використовувати людську мову. Це означає, що комп’ютер може розуміти текст, розпізнавати мовлення або ж перекладати мову [11];

– комп’ютерний зір – галузь ШІ, яка досліджує, як комп’ютери можуть «бачити» і розуміти зображення та відео. Основна мета полягає в розробці алгоритмів та програм, які надають комп’ютерам можливість визначати об’єкти, розпізнавати обличчя, виявляти рухи.

Це включає обробку та аналіз візуальних даних для автоматичного виділення значущої інформації. Ця галузь застосовується в різних галузях, від безпеки та медицини до автомобільної промисловості, забезпечуючи функції схожу на автоматичне керування транспортними засобами, діагностики захворювання тощо [12].

За методами моделювання поділяються на два наступні типи.

Символічний ШІ (Symbolic AI), також відомий як класичний підхід до штучного інтелекту, використовує символічне програмування для моделювання знань та розуміння світу. Основна задача полягає в створення висновків за допомогою символів, логічних правил та символічних операцій. У символічному ШІ, знання представляються у вигляді символів або символічних структур, таких

як логічні вирази, правила або графи знань, ці символи представляють собою об'єкти реального світу, взаємозв'язки між об'єктами, або логічні факти та правила [13];

Artificial Neural Network – це метод, який намагається наслідувати роботу мозку людини, замість того, щоб використовувати символи та правила, цей метод використовує нейронні мережі для того, щоб «навчити» комп'ютери розуміти інформацію. Ці нейронні мережі працюють, намагаючись виявити взаємозв'язки між даними, схоже на те, як працює мозок людини [14].

Інфраструктура для штучного інтелекту полягає у створенні комплексу технологій, інструментів та ресурсів, які потрібні для розробки, тестування та впровадження рішень з використанням ШІ. Вона включає в себе обчислювальні ресурси, такі як хмарні обчислення, графічні та тензорні процесори, а також кластери серверів.

Хмарні обчислення – це модель доступу до комп'ютерних ресурсів через Інтернет, де послуги надаються віддалено через мережу. Основна ідея полягає в тому, щоб користувачам було легше отримати доступ до обчислювальних ресурсів, таких як обладнання, програмне забезпечення та послуги, не маючи власного обладнання [15]. У хмарних обчисленнях послуги обчислення, такі як обчислювальна потужність, сховища даних та програмне забезпечення, надаються через Інтернет третіми сторонами, які управляють і підтримують інфраструктуру.

До основних переваг хмарних обчислень включають здатність легко масштабувати обсяги ресурсів відповідно до потреб, також включають доступ до ресурсів з будь-якого місця та пристрою, економію витрат на ІТ-інфраструктуру, високу надійність та безпеку зберігання даних.

Графічні процесори (Graphics Processing Unit) відіграють ключову роль у сфері ШІ, особливо в області глибокого навчання. Вони є потужними обчислювальними пристроями, які дозволяють виконувати паралельні обчислення на великій кількості даних одночасно. Це робить їх ідеальними для обробки великих обсягів даних, які постійно зустрічаються в задачах

нейронних мереж. Використання GPU дозволяє значно прискорити тренування та роботу з моделями, які вимагають великої кількості обчислень, що робить їх невід'ємною складовою інфраструктури штучного інтелекту [16].

Тензорні процесори (Tensor Processing Unit) – спеціалізовані чіпи, призначені для виконання операцій з тензорами, які часто зустрічаються в задачах штучного інтелекту, особливо в нейронних мережах. Вони мають високу продуктивність та ефективно справляються при обчисленнях, мають можливість прискорювати виконання алгоритмів, цей тип процесору може прискорювати роботу в кілька разів краще в порівнянні зі звичайними процесорами [17].

Кластери серверів – це групи взаємопов'язаних серверів, які працюють разом, щоб забезпечити високу продуктивність, надійність та масштабованість обчислень. Вони використовуються для виконання великих обчислювальних завдань, кожен сервер в кластері називається вузлом, та виконує лише певну частину із завдання, всі вузли працюють паралельно для забезпечення максимально ефективності та швидкого результату [18].

1.2 Аналіз сфер застосування штучного інтелекту

ШІ знаходить застосування у багатьох галузях, кожна з яких має свої специфічні вимоги.

У медичній галузі ШІ допомагає діагностувати хвороби, аналізуючи медичні зображення, такі як рентгенівські знімки, МРТ та КТ [19].

Алгоритми можуть виявляти аномалії та пухлини, які можуть бути непомітними для людського ока. ШІ також використовується для аналізу генетичних даних і створення персоналізованих планів лікування, підвищуючи ефективність терапії. Телемедицина дозволяє лікарям дистанційно консультувати пацієнтів і стежити за їхнім станом у режимі реального часу [20].

У фінансовому секторі ШІ застосовується для аналізу великих обсягів даних та прогнозування ринкових трендів, алгоритми можуть обробляти дані, виявляти закономірності та надавати точні прогнози щодо вартості активів та ризиків.

Використовуючи ШІ, фінансові установи можуть краще оцінювати кредитоспроможність клієнтів, виявляти потенційні шахрайські дії та керувати ризиками, також ШІ сприяє підвищенню якості обслуговування клієнтів завдяки впровадженню чат-ботів та віртуальних асистентів [21].

На виробництві ШІ оптимізує процеси, підвищує продуктивність та зменшує витрати. Системи ШІ аналізують дані з сенсорів на обладнанні для передбачення поломок, що дозволяє своєчасно проводити обслуговування. Роботизовані системи, керовані ШІ, можуть виконувати точні завдання з високою швидкістю, що покращує якість продукції та зменшує потребу в ручній праці [22].

У сфері транспорту ШІ використовується для підвищення ефективності, та безпеки, також розвивається використання автономних транспортних засобів, які використовують алгоритми машинного навчання для навігації, розпізнавання об'єктів і прийняття рішень у режимі реального часу. Це дозволяє створювати безпілотні автомобілі та дрони, які здатні пересуватись, уникати перешкоди та забезпечувати безпечне перевезення.

ШІ використовується для оптимізації логістичних процесів, аналізуючи великі обсяги даних для прогнозування попиту, планування маршрутів та управління запасами, це в свою чергу дозволяє знижувати витрати на перевезення, скорочувати час доставки та підвищувати ефективність використання транспортних засобів.

У сфері авіації застосовується для аналізу технічного стану літаків, прогнозування можливих поломок.

У роздрібній торгівлі ШІ аналізує дані про поведінку покупців для персоналізації рекомендацій та маркетингових кампаній.

Системи можуть передбачати, які товари будуть популярні, допомагаючи магазинам оптимізувати запаси та уникати дефіциту або надлишку товарів. Також ШІ використовується для автоматизації обслуговування клієнтів через чат-боти, які можуть відповідати на запитання та допомагати з покупками.

У сфері освіти ШІ допомагає створювати персоналізовані програми навчання, що враховують індивідуальні потреби та швидкість засвоєння матеріалу для кожного учня.

Автоматизоване оцінювання надає можливість об'єктивно та швидко оцінювати роботи, також забезпечується доступність освіти за допомоги онлайн-платформ і технологій дистанційного навчання. Методи навчання, які базуються на штучному інтелекті, створюють захопливі та ефективні навчальні середовища.

У розважальній індустрії ШІ персоналізує рекомендації музики, фільмів та інших медіа. Наприклад, стримінгові сервіси використовують ШІ для аналізу уподобань користувачів та пропонування контенту, який їм сподобається.

У відеоіграх ШІ створює складні сценарії, що робить ігровий процес цікавішим та захоплюючим. Також ШІ використовується для автоматизації створення контенту, він може генерувати різноманітні рівні, персонажі, об'єкти та текстури, що дозволяє розробникам швидше створювати нові ігрові елементи та покращувати ігри без значних затрат на ручну роботу. Це забезпечує більшу кількість контенту та підвищує тривалість та цікавість ігор.

ШІ відіграє важливу роль у сфері кібербезпеки, допомагаючи виявляти та реагувати на загрози у режимі реального часу. Алгоритми аналізують мережевий трафік, виявляючи аномальні дії, які можуть свідчити про кібератаку. Це дозволяє швидко реагувати на загрози та захищати інформаційні системи від злону [23].

Також ШІ використовується для аналізу відеозаписів з камер спостереження, виявлення підозрілої активності та забезпечення безпеки.

1.3 Особливості навчання штучного інтелекту

Спочатку ШІ базувався на основі запрограмованих правил і логічних операторів, що дозволяло створювати системи для вирішення конкретних задач, таких як ігри або математичні розрахунки. Однак, ці підходи були обмежені своєю неможливістю справлятися зі складними ситуаціями.

З появою машинного навчання ШІ зробив значний крок вперед. Алгоритми машинного навчання дозволяють комп'ютерам вчитися на основі даних, виявляти закономірності та робити прогнози. Особливо важливим став розвиток навчання з учителем, де моделі тренуються на маркованих даних, і навчання без учителя, де алгоритми самі виявляють структуру в даних.

Тип навчання з підкріпленням, де алгоритми отримують винагороди за правильні дії, став основним у сфері робототехніки та автономних систем.

Глибоке навчання, яке використовує багатошарові нейронні мережі, стало наступним проривом. Ці мережі здатні обробляти величезні обсяги даних і виявляти закономірності, а це в свою чергу дозволяє досягти значних успіхів у таких галузях, як розпізнавання образів, обробка природної мови та прогнозування.

Глибоке навчання стало основою для багатьох сучасних додатків ШІ, включаючи голосових асистентів, автоматичне перекладання текстів та автономні транспортні засоби.

GPU та TPU забезпечують швидку і ефективну обробку великих обсягів даних, що є критичним для тренування складних моделей глибокого навчання.

Завдяки цим технологіям стало можливим створення і використання потужних алгоритмів у різних галузях.

Інфраструктура для ШІ також продовжує розвиватися завдяки хмарним обчисленням. Хмарні платформи надають ресурси для зберігання та обробки даних, що дозволяє компаніям і дослідникам використовувати потужні обчислювальні. Це сприяє швидкому впровадженню інновацій.

Еволюція ШІ також включає розвиток алгоритмів і моделей, здатних до самонавчання та адаптації в реальному часі. Системи ШІ все частіше використовуються для аналізу великих даних і прийняття рішень у режимі реального часу, що є критичним для багатьох застосувань, таких як фінансові ринки та системи безпеки. Ці системи можуть швидко адаптуватися до змін у середовищі і забезпечувати високу точність у своїй роботі.

Водночас, еволюція ШІ супроводжується значними викликами та питаннями. Питання конфіденційності даних, упередженості алгоритмів і відповідальності за прийняті рішення стають все більш актуальними. Використання ШІ у критичних системах, таких як медицина або транспорт, вимагає гарантування їхньої надійності та захищеності від зловмисників. Економічні наслідки автоматизації також є спірними, оскільки впровадження ШІ може призвести до зникнення деяких професій і зміни ринку праці.

Важливим аспектом еволюції ШІ є його інтеграція з іншими технологіями, такими як Інтернет (IoT) і квантові обчислення. Інтернет забезпечує збір великих обсягів даних з різних пристроїв, що дозволяє системам ШІ робити точні прогнози і приймати рішення.

Таким чином, еволюція штучного інтелекту є багатогранним процесом, який включає розвиток алгоритмів, апаратного забезпечення, інфраструктури та інтеграцію з іншими передовими технологіями.

Використання ШІ має як переваги, так і недоліки, що впливають на аспекти життя та суспільства. Переваги ШІ включають його здатність автоматизувати рутинні завдання, що значно підвищує ефективність і продуктивність в багатьох галузях. Наприклад, у виробництві роботи можуть виконувати складні та повторювані завдання з високою точністю, що знижує витрати на виробництво та покращує якість продукції.

У сфері охорони здоров'я ШІ допомагає в діагностиці захворювань, аналізуючи медичні зображення та інші дані, що дозволяє лікарям ставити точні діагнози і призначати ефективне лікування. ШІ також може аналізувати великі обсяги даних, виявляти закономірності та робити прогнози, що є

надзвичайно корисним у фінансових ринках, маркетингу та інших сферах, де потрібні швидкі та точні рішення.

ШІ забезпечує персоналізацію послуг, що покращує користувацький досвід. Наприклад, стримінгові сервіси використовують алгоритми ШІ для рекомендації фільмів та музики на основі уподобань користувачів, а інтернет-магазини пропонують продукти, які можуть зацікавити покупців, аналізуючи їхні попередні покупки та запити в інтернеті. У транспорті ШІ сприяє розвитку автономних транспортних засобів.

Однак разом із перевагами, існують і недоліки використання ШІ, один з основних викликів є етичні питання, пов'язані з конфіденційністю та безпекою даних. ШІ системи часто потребують доступу до великих обсягів особистої інформації, що підвищує ризик витоку даних та їх неправомірного використання [24].

Також алгоритми ШІ можуть бути упередженими, якщо вони тренуються на даних, що містять упередження, що може призводити до дискримінації та несправедливих рішень.

Іншою суттєвою проблемою є вплив ШІ на ринок праці. Автоматизація завдань може призвести до зникнення багатьох професій, особливо тих, що пов'язані з рутинними завданнями.

Отже, використання штучного інтелекту має значні переваги, такі як підвищення ефективності, точності та персоналізації послуг, але також супроводжується серйозними викликами, включаючи етичні питання, вплив на ринок праці, безпеку та соціальні наслідки.

Розглянувши всі питання, переваги та недоліки впровадження штучного інтелекту, можна зробити висновок, що ШІ зараз знаходиться на стадії стрімкого розвитку.

Його активно впроваджують у різні галузі, де він підвищує ефективність, автоматизує рутинні завдання та покращує якість послуг і продуктів. Це підкреслює актуальність і необхідність впровадження ШІ в сільськогосподарську галузь.

РОЗДІЛ 2

ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ХВОРОБ РОСЛИН ЗА ЇХ ЗОБРАЖЕННЯМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1 Мережа трансформер

Мережа трансформерів – це незвичайні тип комп'ютерних мереж, які мають можливість розуміти та обробляти різні мови. Вони схожі на людський мозок, тільки штучно створений вченими для роботи на комп'ютерах. Ці мережі з'явилися у 2017 році, коли дослідники з Google винайшли їх. Основна їхня особливість – це «увага», яка дозволяє їм краще фокусуватися на різних частинах тексту [25].

Звичайні мережі, які використовували раніше потребують у послідовній обробці інформації, тоді як трансформери можуть працювати одночасно з усіма даними та швидко знаходити зв'язки між ними.

Одна з цих особливостей - це механізм уваги. Він допомагає мережам визначити, які частини тексту є найважливішими для певної задачі. Це дозволяє їм краще розуміти та аналізувати мову, не зважаючи на те, де саме знаходяться ці частини.

Відтоді, як трансформери були представлені, вони стали основою для багатьох нових технологій обробки мови. Вони значно покращили результати порівняно з попередніми моделями, що підтверджує їхню важливість у сфері обробки мови.

2.2 Архітектура нейронної мережі

Принцип роботи трансформера полягає у паралельній обробці всіх елементів вхідної послідовності за допомогою енкодера, після чого декодер використовує цю інформацію для генерації вихідної послідовності. Механізм

уваги допомагає фокусуватися на різних частинах вхідної послідовності, що дозволяє моделі краще розуміти контекст та генерувати більш точні відповіді, забезпечуючи більш високу якість результатів.

Основними складовими трансформера є енкодер і декодер. Енкодер приймає на вхід послідовність даних і генерує внутрішнє представлення цих даних, яке потім передається декодеру. Декодер, у свою чергу, використовує це внутрішнє представлення для генерації вихідної послідовності або прогнозу.

Енкодер у трансформері відповідає за отримання вхідної послідовності даних та перетворення її у внутрішнє представлення, яке зберігає контекст інформації. Він складається з декількох блоків, кожен з яких включає в себе кілька підшарів, таких як механізми уваги [26].

Основна функція енкодера – це взяти вхідну послідовність даних, яка може бути текстом, зображенням, і згенерувати векторні представлення кожного елемента цієї послідовності. Ці векторні представлення, які іноді називаються «токенами», містять інформацію про контекст кожного елемента та його взаємозв'язки з іншими елементами.

Кожен блок енкодера містить кілька підшарів, таких як механізми уваги та повнозв'язні шари. Механізми уваги дозволяють енкодеру визначати, які елементи вхідної послідовності є найбільш важливими для поточного контексту та завдання.

Внутрішнє представлення, згенероване енкодером, потім передається до декодера для генерації вихідної послідовності або використовується у інших частинах моделі для вирішення конкретних завдань. Енкодер є важливою складовою трансформера, оскільки від нього залежить якість та ефективність подальших операцій у мережі.

Декодер у трансформері відповідає за генерацію вихідної послідовності на основі закодованого контексту, отриманого від енкодера. Він також складається з декількох блоків, кожен з яких має свою внутрішню структуру, включаючи механізми уваги та повно зв'язні шари.

Основна функція декодера – це приймати внутрішнє представлення, що було згенероване еncoderом, і використовувати його для генерації вихідної послідовності. При роботі з послідовностями мови, декодер може приймати на вхід початковий токен або початковий вектор, який потім послідовно перетворюється в послідовність токенів або вихідний текст.

Кожен блок декодера також містить механізми. Механізми уваги допомагають декодеру фокусуватися на різних частинах вхідної послідовності та визначати, які елементи є найбільш важливими для генерації наступного токена.

Декодер важливий для процесу генерації вихідної послідовності і від нього залежить кінцевий результат роботи трансформера. Його ефективність та точність вирішує, наскільки добре модель може розуміти вхідну інформацію та генерувати правильні та змістовні вихідні послідовності.

Механізм уваги – це ключова складова частина трансформера, яка дозволяє моделі фокусуватися на різних частинах вхідної послідовності даних під час обробки та генерації вихідної послідовності. Основна ідея полягає в тому, щоб кожен елемент вихідної послідовності міг приділити різній рівень уваги елементам вхідної послідовності [27].

Існує кілька різновидів механізмів уваги, але загальний принцип полягає в тому, що кожен елемент вихідної послідовності обчислює свій власний вектор уваги, який вказує, на які елементи вхідної послідовності він має звернути увагу. Цей вектор уваги обчислюється шляхом взаємодії кожного елемента вихідної послідовності з усіма елементами вхідної послідовності за допомогою певної функції схожості.

У процесі навчання модель самостійно вивчає, які частини вхідної послідовності є найбільш важливими для генерації правильного вихідного сигналу. Це дозволяє моделі ефективно адаптуватися до різних завдань та виділяти важливу інформацію, необхідну для кожного конкретного випадку.

Механізм уваги в трансформерах відіграє ключову роль у підвищенні якості та точності моделей, зокрема в обробці природної мови, машинному

перекладі, зображеннях тощо. Він дозволяє моделям зосереджуватися на важливих аспектах вхідних даних та ефективно вирішувати завдання, що стоїть перед ними.

2.3 Механізм багатоголової уваги

Механізм багатоголової уваги (multi-head attention) є ключовою складовою архітектури трансформерів і дозволяє моделі ефективно обробляти та аналізувати різні аспекти вхідних даних одночасно. Нижче наведено детальний опис основних кроків механізму [28]

Вхідний вектор спочатку проходить через кілька лінійних шарів, щоб створити кілька різних підпросторів. Це розбиття називається "головами". Кожна голова працює незалежно з власним набором параметрів. Якщо, наприклад, модель має h_h голів, то вхідний вектор буде перетворений в h_h різних наборів запитів (Q), ключів (K) і значень (V).

Для кожної голови обчислюються три вектори: запити (Q), ключі (K) і значення (V). Ці вектори створюються за допомогою лінійних перетворень вхідних даних, використовуючи різні матриці ваг.

Вектори запитів визначають, на що звертати увагу в вхідних даних;

Вектори ключів використовуються для індексації та пошуку релевантної інформації у вхідних даних.

Вектори значень містять інформацію, яка буде використовуватись для генерації вихідного результату.

Для кожної голови обчислюються вагові коефіцієнти, які визначають важливість кожного елемента вхідної послідовності. Це робиться шляхом обчислення дотичних продуктів між запитами та ключами, поділених на квадратний корінь із розміру ключів.

Обчислені вагові коефіцієнти використовуються для зважування значень (V), і результати додаються для створення вихідного вектору для кожної

голови. Це дозволяє кожній голові фокусуватися на різних частинах вхідних даних і виділяти релевантну інформацію.

Після обчислення уваги для кожної голови, вихідні вектори від усіх голів об'єднуються і проходять через додатковий лінійний шар для отримання фінального вектору уваги. Це дозволяє моделі інтегрувати інформацію з різних аспектів вхідних даних у єдине представлення.

Механізм багатоголової уваги має такі основні переваги.

Розбиття на голови дозволяє моделі одночасно обробляти різні аспекти даних, що підвищує ефективність обробки.

Кожна голова може навчатися зосереджуватися на різних частинах даних, що забезпечує багатогранний підхід до обробки інформації.

Модель може краще захоплювати складні залежності між елементами вхідної послідовності, що покращує результати в різних завданнях, таких як машинний переклад, обробка природної мови та інші.

Завдяки механізму багатоголового уваги, трансформери значно покращують свою здатність обробляти вхідні дані, забезпечуючи більш точні та ефективні результати у завданнях обробки.

Позиційне кодування (positional encoding) є важливим компонентом трансформерів, який допомагає моделі враховувати порядок елементів у вхідній послідовності.

2.4 Механізм позиційного кодування

Позиційне кодування додається до вхідних векторів на початку кожного шару трансформера, щоб зберігати інформацію про відносне або абсолютне положення елементів у послідовності. Це кодування допомагає моделі розрізняти однакові значення, які з'являються в різних позиціях послідовності.

Використання синусоїдальних і косинусоїдальних функцій різних частот дозволяє трансформеру розпізнавати та враховувати відносні позиції елементів

у послідовності. Синусоїдальні функції забезпечують, щоб позиційні кодування для близьких позицій були подібними, а для далеких – різними. Це допомагає моделі ефективно обробляти як локальні, так і глобальні залежності між елементами послідовності.

Позиційне кодування дозволяє трансформеру зберігати інформацію про порядок елементів у послідовності. Це особливо важливо для задач обробки природної мови, де порядок слів впливає на значення речень [29].

Синусоїдальне позиційне кодування є відносно простим у реалізації. Воно не потребує додаткових параметрів, які потрібно було б навчати, що робить його легким для впровадження в архітектуру трансформера.

Функції синуса і косинуса є періодичними і визначеними для будь-якої позиції, що дозволяє ефективно обробляти послідовності будь-якої довжини без необхідності спеціального налаштування для кожної конкретної задачі.

Синусоїдальні функції різних частот дозволяють трансформеру ефективно враховувати як короткострокові, так і довгострокові залежності між елементами послідовності. Це забезпечує хорошу продуктивність навіть при обробці дуже довгих послідовностей.

Синусоїдальне позиційне кодування не потребує навчання, що знижує навантаження на процес навчання моделі. Це дозволяє зосередитися на оптимізації інших параметрів моделі, підвищуючи загальну ефективність процесу навчання.

Оскільки позиційні кодування обчислюються за допомогою простих математичних функцій, вони можуть бути швидко та ефективно обчислені навіть для великих наборів даних, що знижує загальну обчислювальну вартість моделі.

Синусоїдальне позиційне кодування можна легко модифікувати або замінити іншими підходами до позиційного кодування, що дозволяє експериментувати з різними методами для досягнення кращих результатів у специфічних задачах.

Позиційне кодування може бути інтегроване не тільки в трансформери, але й в інші типи нейронних мереж, що робить його універсальним інструментом для покращення продуктивності моделей, які працюють з послідовними даними.

2.5 Моделі на базі трансформерів

Моделі на базі трансформерів стали революційними в галузі обробки природної мови та мають значний вплив на розвиток штучного інтелекту. Вперше представлена у 2017 році дослідниками з Google, архітектура трансформерів відкрила нові можливості для створення потужних моделей, здатних виконувати складні завдання обробки тексту. Нижче наведено найпопулярніші моделі на базі трансформерів.

BERT, розроблений Google, є однією з найбільш відомих моделей на базі трансформерів. Основна інновація BERT полягає в його природі яка поділяється на 2 напрямки, тобто модель одночасно враховує контекст слів зліва направо і справа наліво. Це дозволяє BERT краще розуміти контекст і значення слів у реченнях. BERT використовує двофазне навчання: попереднє навчання на великому корпусі тексту для вивчення загального контексту і подальше налаштування для конкретних завдань, таких як класифікація тексту. Завдяки своїй архітектурі, BERT досягає високих результатів у багатьох завданнях обробки природної мови [30].

Модель GPT, розроблена компанією OpenAI, відома своїми потужними можливостями генерації тексту. Вона також використовує архітектуру трансформерів, але на відміну від BERT, GPT є односторонньою, тобто обробляє текст зліва направо.

Модель GPT проходить попереднє навчання на величезних обсягах текстових даних, після чого може бути налаштована для конкретних завдань [31].

Transformer-XL є покращеною версією традиційних трансформерів, розробленою для обробки довгих послідовностей тексту. Одна з ключових інновацій цієї моделі полягає у впровадженні механізму рекурсивного сегментування, що дозволяє моделі запам'ятовувати інформацію з попередніх сегментів тексту. Це забезпечує краще розуміння залежності і контексту [32].

Модель T5, розроблена Google, використовує єдиний підхід до всіх завдань обробки природної мови, представляючи їх у форматі тексту до тексту. Це означає, що всі завдання, такі як переклад, резюмування або питання-відповідь, перетворюються у формат введення тексту і виходу тексту. Такий підхід дозволяє використовувати одну архітектуру для різних завдань без розробки окремих моделей для кожного з них.

T5 демонструє високу ефективність у багатьох задачах завдяки своєму універсальному підходу [33].

RoBERTa є покращеною версією BERT, застосовує ті ж базові принципи, але із вдосконаленням, які забезпечують кращі результати у задачах обробки природної мови. Ці оптимізації включають в себе використання більшого обсягу даних для попереднього навчання, триваліше навчання та зміну набору параметрів.

Завдяки цим вдосконаленням RoBERTa може досягати кращих результатів порівняно з оригінальним BERT у багатьох завданнях обробки природної мови. Ці моделі на базі трансформерів ефективно працюють з текстом і широко застосовуються в сучасних програмах, від пошукових систем до віртуальних помічників.

Трансформери стали ключовим інструментом для автоматизації та поліпшення роботи з текстами, що відкриває нові можливості для розвитку технологій обробки мови та збагачує різноманітні аспекти повсякденного життя та роботи.

Нижче зображено таблицю в якій зібрано багато характеристик різних моделей для їх порівняння.

Таблиця 2.1 – Порівняння характеристик моделей

Модель	Призначення	Архітектура	Особливості	Переваги
BERT	Обробка мови	Двонаправлена	Двонаправлене кодування тексту	Глибоке розуміння контексту, висока точність
GPT	Генерація тексту	Однонаправлена	Потужна генеративна модель	Здатність створювати послідовний текст
Transformer	Обробка послідовностей	Механізм пам'яті	Запам'ятовує попередні сегменти тексту	Обробка довгих контекстів
T5	Універсальні завдання	Текст-до-текст	Уніфікований підхід до всіх завдань	Універсальність, висока продуктивність
RoBERTa	Обробка природної мови	BERT	Оптимізація, більше даних та довше тренування	Підвищена точність і продуктивність

Таблиця 2.2 – Порівняння можливостей моделей на базі трансформерів

Можливості	BERT	GPT	Transformer	T5	RoBERTa
Обробка природної мови	Так	Так	Так	Так	Так
Генерація тексту	Ні	Так	Так	Так	Ні
Двонаправлене кодування контексту	Так	Ні	Ні	Так	Так
Однонаправлене кодування контексту	Ні	Так	Так	Так	Ні
Обробка довгих послідовностей	Ні	Ні	Так	Ні	Ні
Машинний переклад	Ні	Так	Так	Так	Ні
Текстова класифікація	Так	Так	Так	Так	Так
Генерація відповідей на питання	Так	Так	Так	Так	Так
Виявлення сутностей	Так	Ні	Ні	Так	Так
Перефразування тексту	Ні	Так	Так	Так	Ні
Підсумовування тексту	Ні	Так	Так	Так	Ні
Використання багатьох параметрів	Ні	Так	Так	Так	Ні

BERT краще підходить для завдань аналізу тексту та класифікації завдяки двонаправленому кодуванню контексту. GPT є найкращим вибором для генерації тексту через своє однонаправлене кодування. Transformer-XL оптимальний для обробки довгих текстових послідовностей завдяки здатності враховувати довготривалі залежності. T5 виділяється уніфікованим підходом до всіх завдань обробки природної мови. RoBERTa, завдяки покращеній версії BERT, ефективно застосовується у завданнях аналізу тексту та виявлення сутностей.

Обробка природної мови – здатність виконувати завдання, пов’язані з розумінням і обробкою людської мови, такі як аналіз тексту, класифікація і виявлення сутностей.

Генерація тексту – здатність створювати новий текст на основі заданих параметрів або контексту.

Двонаправлене кодування контексту – здатність одночасно враховувати контекст з обох боків від поточного слова.

Однонаправлене кодування контексту – здатність враховувати контекст тільки з однієї сторони.

Обробка довгих послідовностей – здатність ефективно обробляти довгі текстові послідовності та захоплювати залежності між елементами тексту.

Машинний переклад – здатність перекладати текст з однієї мови на іншу.

Текстова класифікація – здатність класифікувати текстові дані за категоріями або мітками.

Генерація відповідей на питання – здатність надавати відповіді на задані питання на основі контексту або бази знань.

Виявлення сутностей – здатність ідентифікувати і класифікувати сутності в тексті, такі як імена, дати, місця тощо.

Перефразування тексту – здатність переписати текст іншими словами, зберігаючи його сенс.

Підсумовування тексту – здатність створювати короткий виклад або підсумок з довшого тексту.

Використання багатьох параметрів – здатність обробляти та навчатися на великих обсягах даних завдяки великій кількості параметрів моделі.

2.6 Оптимізація та тренування трансформерів

Алгоритми оптимізації використовуються під час тренування трансформерів для зміни параметрів моделі з метою мінімізації втрат. Ці

алгоритми регулюють швидкість навчання та використовують градієнт. Серед найпоширеніших алгоритмів оптимізації для тренування трансформерів є Adam, Adagrad, RMSprop та SGD. Кожен з цих алгоритмів має свої особливості та параметри, які можна налаштувати для досягнення оптимальних результатів під час тренування.

Втрати є функціоналом, який вимірює рівень помилок моделі під час тренування. Ці втрати використовуються для регулювання параметрів моделі з метою мінімізації помилок. Різні види задач можуть використовувати різні функції втрат. Коректний вибір функції втрат є важливою частиною тренування трансформерів і впливає на їхню ефективність та точність.

Під час тренування трансформерів застосовують методи нормалізації, щоб уникнути перенавчання. Один із таких методів – це «викидання», коли деякі нейрони випадково вимикаються під час тренування. Це допомагає моделі уникнути надмірного вивчення. Ще два поширених методи – це L1 та L2 нормалізації, які додають штрафи за величину параметрів моделі, зменшуючи її складність. Також можна використовувати «зупинку за раннім відбором», коли тренування припиняється, коли помилка на валідаційному наборі даних перестає зменшуватися.

Боротьба з перенавчанням важлива для тренування трансформерів, оскільки вони можуть навчитись шуму та непотрібних даних. Збільшення обсягу тренувальних даних та використання методів нормалізації допомагають уникнути цього. Крім того, оцінка моделі на незалежних наборах даних за допомогою крос-валідації допомагає виявити перенавчання та переконатися у її ефективності.

РОЗДІЛ 3

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЯВЛЕННЯ ХВОРОБ РОСЛИН ЗА ЇХ ЗОБРАЖЕННЯМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3.1. Формування датасету

Основна ідея проекту полягає у встановленні штучного інтелекту на дрон, який досліджуватиме рослини та відправлятиме дані для аналізу. Штучний інтелект буде аналізувати стан рослини, виявляти хвороби та повідомляти власника про наявність проблеми.

Вагома частина штучного інтелекту складається з бази даних, яку він опрацьовує для навчання. Після цього проводиться оцінка ефективності навчання шляхом перевірки результатів через запитання та завдання. Цей процес забезпечує правильне функціонування та постійне вдосконалення штучного інтелекту, дозволяючи йому адаптуватися до нових викликів і вдосконалювати свої навички.

Першим кроком у дослідженні є вибір рослини, яку буде використано для створення бази даних. У цьому дослідженні обрана чорна смородина. Для початку потрібно ознайомитися з рослиною, аналізувати її вигляд, зібрати дані про найчастіші можливі хвороби, описати їх. Збирання та аналіз інформації про смородину необхідний для створення надійної бази даних, яка стане основою для подальшого дослідження [33].

Смородина – це чагарники з родини агрусових, цей кущ може досягати близько 1-2 метрів. Листя смородини мають трилопатеву форму із зубчастими краями та зеленим кольором. Кущ має групи ягід які можуть бути червоного, чорного або білого кольору, в залежності від сорту.

Ягоди смородини, зібрані в грона, які мають невеликий діаметр та круглу форму, ягоди мають гладку та тонку шкірку.

Пагони смородини мають гладку кору, коренева система розгалужена та поверхнева, це дозволяє рослині швидко відновлюватись після ушкоджень.

Нижче наведені фотографії здорової смородини (рис. 3.1 і 3.2).



Рисунок 3.1 – Фото більш ранньої та здорової смородини



Рисунок 3.2 – Фото більш зрілої та здорової смородини

Антракноз – це поширене грибкове захворювання, яке негативно впливає на стан рослини та знижує врожайність чагарника.

Перші ознаки антракнозу проявляються у вигляді невеликих темно-бурих плям на листі, які із часом збільшуються і зливаються покриваючи всю площу листка рослини.

Хворі рослини починають жовтіти та передчасно опадати, що в свою чергу призводить до ослаблення рослини, окрім листків, ураження з'являються також на пагонах чи ягодах (рис. 3.3).

Для запобігання захворювання слід виконувати агротехнічні рекомендації щодо цих рослин та вчасно видаляти та спалювати уражені хворобою рослини



Рисунок 3.3 – Початкова стадія антракнозу

Для запобігання захворювання слід виконувати агротехнічні рекомендації щодо цих рослин та вчасно видаляти та спалювати уражені хворобою рослини

Профілактика включає дотримання правильного поливу, використання добрив і вибір стійких до антракнозу сортів.

Регулярний моніторинг стану також важливий для своєчасного виявлення та ліквідування проблеми

Нижче наведена смородина із прогресуючим антракнозом, можна побачити, що листки із часом повністю покриваються плямами(рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Прогресуюча стадія прогресування антракнозу

Мучниста роса – це грибкове захворювання, яке часто вражає смородину, погіршує її здоров'я та врожайність.

Ознаки мучнистої роси проявляються у вигляді білого нальоту на листі, пагонах та ягодах рослини (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Початкова стадія мучнистої роси

Спершу наліт з'являється на молодих листах і пагонах, при прогресуванні хвороби переходить на всю рослину в тому числі і на ягоди. Уражене листя поступово жовтіє та скручується, що призводить до передчасного опадання, це в свою чергу послаблює рослині та знижує продуктивність, а ягоди стають непридатними для споживання (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Прогресуюча стадія мучнистої роси

Для боротьби з мучнистою россою потрібно вчасно видаляти уражені частини рослини, для запобігання поширення інфекції. Регулярне обрізування покращує їх вентиляцію та знижує рівень вологості, що в свою чергу сприяє зменшенню вірогідності появи та розповсюдження грибка. Також варто використовувати спеціальні оброблюючі засоби на початкових стадіях захворювання. Профілактичні методи включають правильний вибір місця посадки із достатнім сонячним освітленням і гарною циркуляцією повітря, при цьому потрібно дотримуватись агротехнічних рекомендацій щодо поливу та добрив.

Як і в попередньому випадку, регулярний моніторинг здоров'я рослини важливий для своєчасного виявлення та реагування на проблему.

Бокальчата ржавчина – це грибок який характеризується появою яскравих оранжево-жовтих наростів на нижній стороні листя. Ці нарости можуть спричинити висихання і опадання листа, зниження якості врожаю та ослаблення рослини. Ця інфекція з'являється навесні, коли умови для розвитку найбільш сприятливі(рис. 3.7 і 3.8).



Рисунок 3.7 – Початкова стадія розвитку бокальчастої ржавчини



Рисунок 3.8 – Прогресуюча стадія бокальчастої ржавчини

Для запобігання розвитку та появи слід дотримуватись тих самих правил як і в попередньому випадку, дотримання агротехнічних рекомендацій та використовувати хімічну обробку рослин.

Сіра гниль – поширене грибкове захворювання, яке завдає серйозної шкоди рослинам, особливо в умовах високої вологості та теплої погоди. Ця хвороба вражає листя, квіти, ягоди та стебла смородини, створюючи пухнастий сіруватий-коричневий наліт і викликаючи гниття уражених ділянок (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Вражена сірою гниллю смородина

Симптоми сірої гнилі включають появу водянистих плям на листках і ягодах, які із часом стають коричневими.

У вологих умовах на цих плямах з'являється характерний сірий наліт із спор гриба, ягоди втрачають форму та починають гнити.

Септоріоз (біла плямистість) є грибковим захворюванням, яке часто вражає чорну смородину (рис. 3.10).

Симптоми септоріозу починають проявлятися у вигляді маленьких сірих плям з темни обідком, які з часом можуть збільшитися у розмірах і зливатися, утворюючи масштабні ураження на листі та пагонах.

Зазвичай симптоми розпочинаються на нижніх листках і поступово піднімаються вгору по рослині, що призводить до опадання листя.



Рисунок 3.10 – Смородина покрита септоріозом

Таким чином, надалі потрібно використати наведену інформацію для навчання LLM. В якості такої доцільно використовувати мережу трансформер GPT-4 від к. OpenAI.

3.2 Реалізація навчання GPT-4

Після завершення створення бази даних про смородину, включаючи інформацію про її захворювання, симптоми, лікування та профілактику, потрібно безпосередньо розпочати навчання в OpenAI, при цьому потрібно ознайомитись із його налаштуванням та інтерфейсом [32]. Налаштування GPT-4 складається із кількох перемикачів та значень:

– frequency penalty – зменшує ймовірність того, що слова з'являються у відповіді;

– temperature – температура визначає, наскільки непередбачуваними та креативними будуть відповіді, ці значення можуть варіюватись від 0 до 1, де 0 це передбачувані та стабільні відповіді, а 1 більш різноманітні та творчі відповіді;

– maximum tokens – максимальна кількість токенів відповідає за кількість символів які може включати відповідь;

– stop sequences – зупинка послідовності, це налаштування дає можливість завершити генерацію тексту після певного слова чи фрази, якщо цього бажає користувач;

– top p – контролює обрання відповіді шляхом розгляду лише найімовірніших варіантів до досягнення певного порогу ймовірності;

– presence penalty – збільшує ймовірність того, що нові слова з'являться у відповіді порівняно з тими, що вже використовувалися.

Після ознайомлення потрібно безпосередньо перейти до тестування OpenAI (рис. 3.11).



ASSISTANT

The images provided show plants that appear to be blackcurrant plants (*Ribes nigrum*). Here's a more detailed analysis:

Identification and Description:

1. **Plant Type**: Blackcurrant (*Ribes nigrum*)
2. **Leaves**: The leaves are broad with serrated edges, typically 3-5 lobed.
3. **Fruits**: The plants bear small, round, dark purple to black berries that grow in clusters.
4. **Stems**: The stems are woody and slightly brown to green.

Assessment of Condition:

- **Leaves**: The leaves look green, vibrant, and healthy. They do not show any signs of chlorosis (yellowing), necrosis (browning or dead patches), molds, or pests.
- **Fruits**: The berries appear to be healthy, with a uniform dark color. There are no noticeable signs of disease such as mold, rot, or discoloration.
- **Overall Plant**: Both pictures show plants with a good amount of foliage and fruit, indicating overall good health. There is no visible evidence of disease or pest infestation.

Conclusion:

Based on the photographs, the blackcurrant plants depicted appear to be healthy. There are no visible symptoms indicating sickness or ill health, such as discolored leaves, wilting, mold on fruit, or other common plant diseases.

Рисунок 3.11 – Відповідь OpenAI на ідентифікацію смородини

Отримавши дві фотографії, OpenAI ідентифікував смородину, описав тип рослини, листя, плоди та стебла. Також описав стан рослини, повідомивши, що рослина знаходиться в здоровому стані.

Для оцінювання використовувались фотографії рослини та хвороби що були зазначені вище, кожен запит проводився в новому сеансі, для того щоб штучний інтелект не міг відповісти на запитання опираючись на дані з попередньої відповіді.

При першій перевірці використовувались параметри за замовчуванням, та 1500 токенів, тобто максимальна кількість слів у відповіді не могла перевищувати 1500.

При зміні налаштувань, а саме temperature, результат був таким самим, різниця була лише у використанні слів синонімів.

При спробі ідентифікувати хворобу рослини через штучний інтелект, отримав такий результати (рис. 3.12).

USER

Analyze the plant photos below, identify the plant, assess its condition, and describe any illness if present.



ASSISTANT

The plant in the photos appears to be a type of deciduous tree, most likely a species of poplar or a similar broadleaf tree. The leaves in the images are exhibiting signs of a common plant disease known as rust.

Plant Identification:

- The leaves belong to a deciduous tree, potentially a poplar or similar species.

Condition:

- The leaves show noticeable signs of a rust infection. Rust is a fungal disease that causes orange, yellow, or reddish-brown pustules or spots on the undersides of the leaves.

Symptoms of Rust Infection:

1. **Pustules/Spots**: Orange, yellow, or reddish spots or pustules on the undersides of the leaves.
2. **Discoloration**: The affected areas may cause the leaves to turn yellow or brown, especially around the infected spots.
3. **Leaf Drop**: In severe cases, the leaves may prematurely drop off the tree.

Assessment:

- The plant is suffering from a rust infection, which is indicated by the pustule-like spots visible on the underside of the leaves in the images.

Рисунок 3.12 – Невдала спроба визначення бокальчастої ржавчини

Через нестандартні налаштування штучний інтелект неправильно ідентифікував рослину як листопадне дерево, але правильно визначив хворобув, описав її візуальні ознаки, шкоду для рослин, та дав поради щодо догляду, щоб уникнути або зупинити прогресування захворювання. При зміні налаштування на стандартні можна отримати відповідну інформацію (рис. 3.13).



ASSISTANT

The plant in the photos appears to be a type of deciduous shrub, most likely from the genus of currants or gooseberries (*Ribes*). The leaves are showing symptoms of a common fungal disease known as Currant Rust or Gooseberry Rust.

Symptoms Analysis:

1. **Pustules on Leaves**: The leaves exhibit small, yellow to orange pustules on their surfaces. These pustules are typical of rust infections, where the fungus produces spores in structures visible on the plant's surface.
2. **Leaf Color and Texture**: The leaves in the images seem green and healthy in color besides the presence of the pustules, indicating it is specifically the fungal infection affecting them rather than a general decline in plant health.

Condition Assessment:

- **Infected**: The plant is clearly infected with rust, indicated by the presence of the characteristic rust pustules.
- **Localized Damage**: The infection seems localized to the leaves in these photos. Rust infections generally do not kill plants outright but can weaken them, affecting their growth and fruit production.
- **Infected**: The plant is clearly infected with rust, indicated by the presence of the characteristic rust pustules.
- **Localized Damage**: The infection seems localized to the leaves in these photos. Rust infections generally do not kill plants outright but can weaken them, affecting their growth and fruit production.

Illness Description:

- **Currant Rust (*Puccinia caricina* or *Cronartium ribicola*)**: This disease is caused by rust fungi and specifically affects currant and gooseberry plants. The disease cycle typically involves an alternate host (often white pine for *C. ribicola*) which helps the rust complete its life cycle.

Management and Control:

1. **Cultural Practices**: Remove and dispose of affected leaves to reduce the spread of spores.
2. **Fungicides**: Apply appropriate fungicides recommended for rust diseases, following the guidelines for safe usage.
3. **Resistant Varieties**: Planting resistant varieties can reduce the risk of infection.

Regular monitoring and early intervention are key to managing rust infections effectively, ensuring sustained plant health and productivity.

Рисунок 3.13 – Правильна ідентифікація бокальчастої ржавчини

ШІ зміг дати правильні відповідь на запитання вказавши, що це може бути смородина або крижовник через ідентичність листя, та описав правильно наявну хворобу.

Наступна хвороба, яка була задана ШІ – мучниста роса. Він правильно відповів на запитання, вказавши тип та назву рослини, також вказав назву хвороби та її симптоми (рис. 3.14).

Analyze the plant photos below, identify the plant, assess its condition, and describe any illness if present.



ASSISTANT

These photos show plants that appear to be affected by a fungal disease. From the characteristics observed, it looks like these plants are suffering from Powdery Mildew.

Identification of the Plant:

The detailed characteristics of the leaves suggest that these might be currant plants (*Ribes* species). Currants are commonly affected by Powdery Mildew.

Symptoms and Condition:

- White Powdery Coating:** All the images display a white or grayish powdery coating on the leaves and possibly on the fruit (as seen in the first image). This is a hallmark sign of Powdery Mildew.
- Distorted and Yellowed Leaves:** The leaves in the images appear to be distorted, curled, and in some areas, turning yellow. This is another common symptom of Powdery Mildew, which typically affects the new growth.
- Affected Fruits:** In the first image, the fruit appears to be covered with a white powdery substance, and they might also be deformed. This suggests that the fungal infection is severe and has spread to the fruit as well.

Powdery Mildew:

- **Cause:** Powdery Mildew is caused by several species of fungi, commonly Erysiphales. These fungi thrive in warm, dry environments and can affect a wide variety of plants.
- **Symptoms:** The disease manifests as a white or grayish powdery coating on the surface of leaves, stems, and fruits. In severe cases, leaves can become distorted, yellow, and drop prematurely.
- **Spread:** The spores are easily spread by wind, which can make the disease widespread if not controlled.

Management:

1. Cultural Control:

- **Pruning:** Prune out the infected parts of the plant to improve air circulation and reduce humidity levels around the plant.
- **Sanitation:** Remove and destroy diseased plant debris to prevent the spread of spores.

2. Chemical Control:

- Use fungicides appropriate for Powdery Mildew. Products containing sulfur, neem oil, or potassium bicarbonate can be effective. Always follow the label instructions for application.

3. Preventive Measures:

- Plant resistant varieties if available.
- Ensure proper spacing between plants for good air circulation.
- Avoid overhead watering which can create a favorable environment for the fungus.

By following these management strategies, it is possible to control and minimize the damage caused by Powdery Mildew on currant plants.

Рисунок 3.14 – Правильна ідентифікація мучнистої роси

Після зміни налаштувань ШІ, його відповіді залишаються практично незмінними.

Наступною хворобою є септоріоз, штучному інтелекту не вдалось ідентифікувати рослину вказавши, що це ймовірно листя малини або ожини, також він неправильно виявив хворобу, вказавши, що це антракноз (рис. 3.15).

Analyze the plant photos below, identify the plant, assess its condition, and describe any illness if present.



ASSISTANT

The plant in the photos appears to be a type of Rubus species, likely a blackberry or raspberry plant. The leaves exhibit symptoms of a fungal infection known as Anthracnose.

Key Observations and Diagnosis:

1. **Leaf Spots:**

- The first photo shows leaves with small, dark, sunken spots that are purple to brown.
- The second photo has larger lesions with dark centers and light to dark margins, with the tissues around lesions turning yellow or brown.

2. **Leaf Condition:**

- Leaves appear chlorotic and exhibit necrosis in advanced infection stages.
- The distributed spotting pattern is typical of fungal infections.

Condition Assessment:

- **Severity:** The infection seems to be moderate to severe based on the number and size of the spots and the extent of the discoloration.
- **Illness:** Anthracnose, caused by fungi (usually *Colletotrichum* spp. and *Elsinoë veneta*).
- **Symptoms:** Can include leaf spots, shoot blight, and fruit rot.
- **Impact:** Can reduce plant vigor and yield significantly if not managed.

Recommendations for Management:

1. **Cultural Practices:**

- Remove and destroy affected plant parts to reduce the spread of the disease.
- Ensure proper spacing for air circulation around the plants to reduce humidity levels.
- Avoid overhead watering to keep foliage dry.

2. **Chemical Control:**

- Use fungicides appropriate for Anthracnose diseases. Ensure timely application, especially during periods of high humidity and moderate temperatures, which favor fungal growth.

3. **Resistance and Plant Health:**

- Select resistant varieties if available.
- Maintain overall plant health through balanced fertilization and proper watering practices to enhance the plant's resistance to diseases.

Timely intervention and integrated management practices can help control the spread of Anthracnose and improve the health and productivity of the plants.

Рисунок 3.15 – Неправильна ідентифікація септоріозу та самої рослини

Можливо, неправильне виявлення хвороби пов'язане з недостатньою кількістю та якістю наданих фотографій. Штучному інтелекту потрібні більш інформативні зображення, що показують повний зовнішній вигляд куща.

Аналізуючи іншу хворобу – Антракноз, штучний інтелект допустився помилка вказавши, що ця рослина вражена ожерелковими мухами, при цьому правильно ідентифікує рослину яка зображене на фотографіях, при спробах змінити налаштування результати залишились тиж самими (рис. 3.16).

USER

Analyze the plant photos below, identify the plant, assess its condition, and describe any illness if present.



ASSISTANT

The images depict leaves from a plant that appears to be a type of currant or gooseberry plant. The leaves exhibit abnormal red and swollen galls or blister-like formations, indicating that the plant is suffering from an infestation or disease.

Identification:

- **Plant:** Likely Currant or Gooseberry (*Ribes* spp.)

Condition and Assessment:

- **Symptoms:** The leaves are exhibiting red, swollen galls or blister-like formations. These symptoms are typically caused by an infestation of the Currant Blister Aphid, also known as *Cryptomyzus ribis*.

Probable Illness:

- **Insect Infestation:** Currant Blister Aphid (*Cryptomyzus ribis*)

- This type of aphid sucks the sap from the leaves, causing the characteristic blistering and gall formation as a plant reaction.

Рисунок 3.16 – Неправильна ідентифікація Антракнозу

Аналізуючи фотографії смородини, ураженої ожерелковою мухою, можна зробити висновок, що симптоми при різних хворобах збігаються, щоб покращити аналіз хворої рослини, необхідно збільшити базу даних для навчання та навчити алгоритми розрізняти ці дві хвороби.

Останньою хворобою, яку взято для тестування, є сіра гниль, ШІ правильно ідентифікує хворобу, але через неякісні фотографії не може ідентифікувати рослину (рис 3.17).

USER

Analyze the plant photos below, identify the plant, assess its condition, and describe any illness if present



ASSISTANT

The plants in the photos appear to be infected with a common fungal disease known as *Botrytis cinerea*, also called gray mold. This pathogen affects a wide variety of plants and is known for creating the characteristic gray, fuzzy mold on the surfaces of plant tissues.

Observations:

1. **Gray, Fuzzy Mold:**

- In both images, there is a clearly visible gray, fuzzy mold on the plant parts. This is a hallmark sign of a *Botrytis* infection.

2. **Affected Plant Parts:**

- The mold appears to be on fruits, stems, and leaves, indicative of widespread infection.
- The second image shows mold on fruits and stems, consistent with advanced fungal colonization.

Plant Condition:

- The plants are evidently in poor health due to the fungal infection, which affects their growth and vigor.
- There are signs of tissue degradation, which is typical in severe infections by *Botrytis*.

Рисунок 3.17 – Вірна ідентифікація сірої гнилі

Аналізуючи результати перевірки штучного інтелекту, виявлено, що для досягнення стовідсоткової ідентифікації рослини потрібно мати об'ємну базу даних, що складається з детальних описів та візуальних зображень рослин, це особливо важливо, оскільки багато захворювань рослин мають схожі симптоми, що ускладнює правильну діагностику штучним інтелектом.

Фотографії, які використовуються для ідентифікації, мають бути високої якості і забезпечувати докладне зображення різних частин рослини.

На них повинно чітко видно уражені ділянки, плоди, а також стебла рослини, це допомагає алгоритмам штучного інтелекту правильно класифікувати рослини та їх захворювання, забезпечуючи точність у роботі.

3.3 Економічне обґрунтування прийнятих рішень

Час, необхідний для навчання штучного інтелекту виконувати певне завдання, залежить від багатьох факторів, таких як складність завдання, обсяг та якість доступних даних, алгоритми навчання та ресурси обчислювальної потужності.

Складність розпізнавання хвороби полягає в тому, що це вимагає аналізу багатьох факторів, таких як колір листя, форма пагонів, наявність плям та інші. Деякі хвороби можуть мати однакові симптоми, що ускладнює завдання.

Для ефективного навчання потрібні великі обсяги даних про різні типи хвороб смородини. Ці дані повинні бути якісними.

При навчанні потрібно використовувати правильні алгоритми навчання, це потрібно для покращення ефективності навчання. Для класифікації зображень краще використовувати нейронні мережі CNN, які добре працюють з великими обсягами зображень.

Необхідна наявність потужних обчислювальних ресурсів, це потрібно для прискорення часу навчання та дозволяє швидше обчислювати великі обсяги даних.

Для оцінки часу навчання використовується загальна формула:

$$T = \frac{N \cdot D}{V}, \quad (3.1)$$

$$\text{Час навчання} = \frac{\text{Кількість епох} \times \text{Навчальний набір}}{\text{Швидкість навчання}}$$

де N – кількість повторень навчального процесу;

D – кількість зображенні навчального набору;

V – коефіцієнт, що визначає, наскільки швидко ваги мережі оновлюються під час навчання.

Наприклад, якщо потрібно навчити нейронну мережу на 10000 зображень і використовується 50 епох, при швидкості навчання 0,001, то:

$$T = \frac{50 \cdot 10000}{0,001} = 5 \cdot 10^4. \quad (3.2)$$

Вартість версій API OpenAI залежить від кількох факторів, таких як рівень версії, її можливості та функціональність, а також від обсягу та типу запитів, які користувач робить. Наприклад, базовий рівень може включати основні функції, такі як генерація тексту, тоді як преміум-рівень може мати розширені можливості. GPT-4o – актуальна мультимодальна модель, яка працює швидше і коштує дешевше в порівнянні з GPT-4 Turbo. В табл. 3.1 наведена ціна за використання цієї версії. Станом на травень 2024 р. , за курсом валют – один долар дорівнює 40,14 грн.

Таблиця 3.1 – Порівняння вартості моделей GPT-4o

Модель	Input	Output
gpt-4o	200 грн / 1M tokens	602 грн / 1M tokens
gpt-4o-2024-05-13	200 грн / 1M tokens	602 грн / 1M tokens

Відповідні дані для GPT-3.5 Turbo наведено в табл. 3.2. Вона має контекстне вікно розміром в 16к і оптимізована для діалогів.

Таблиця 3.2 – Порівняння вартості моделей GPT-3.5 Turbo

Модель	Input	Output
gpt-3.5-turbo-0125	20 грн / 1M tokens	60 грн / 1M tokens
gpt-3.5-turbo-instruct	60 грн / 1M tokens	80 грн / 1M tokens

Embedding models – яка використовується для розроблення розширеної функціональності пошуку, кластеризації, тематичного моделювання (табл 3.3).

Fine-tuning models – модель яка надає можливість створювати власні індивідуальні моделі, налаштовуючи базові моделі за допомогою особистих тренувальних даних (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Порівняння вартості моделей Embedding models

Модель	Usage
text-embedding-3-small	0,8 грн / 1M tokens
text-embedding-3-large	5,2 грн / 1M tokens
ada v2	4 грн / 1M tokens

Таблиця 3.4 – Порівняння вартості моделей Fine-tuning models

Модель	Input	Output	Training
gpt-3.5-turbo	120 грн / 1M tokens	240 грн / 1M tokens	320 грн / 1M tokens
davinci-002	240 грн / 1M tokens	480 грн / 1M tokens	480 грн / 1M tokens
babbage-002	16 грн / 1M tokens	42 грн / 1M tokens	16 грн / 1M tokens

Assistants API – ця версія створена для розробників AI асистентів у своїх додатках (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Вартість використання моделей Assistants API

Модель	Input
Code Interpreter	1,2 грн / 1M tokens
File Search	4 грн / 1M tokens

Image models – версія яка використовується для створення та редагування нових зображень (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Вартість використання моделей Image models

Модель	Price	Quality
DALL·E 3	16 грн / 1M tokens	Standart
DALLE 3 HD	3,21 грн / 1M tokens	Standart

Аналізуючи всі версії, їх призначення, переваги, ціни та умови використання, стає зрозуміло, що кожна з них розроблена для конкретних завдань. Наприклад, Image models створені для генерації зображень і не можуть виконувати аналіз захворювань рослин чи генерувати текст, як звичайна версія GPT-4. Серед усіх версій для розпізнавання захворювань рослин могли бути використані лише GPT-4 і GPT-3. З огляду на необхідність якісного аналізу

фотографій, вибір припав на GPT-4, оскільки ця версія покращена і має більше можливостей порівняно з GPT-3. Хоча ціна GPT-4 є вищою, при частому використанні вона залишається ефективною та економічно доцільною.

Переваги використання GPT-4 для розпізнавання захворювань рослин полягає не лише в його покращених можливостях обробки зображень, але й в його здатності адаптуватись до різних умов і потреб користувача, також ця модель може враховувати специфіку кожної культури рослин, особливості їх захворювань. Завдяки цьому, система може надавати більш точні рекомендації щодо лікування та профілактики захворювань. Таким чином, використання GPT-4о складає 200 грн.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень визначено пріоритетні сфери застосування штучного інтелекту, однією з яких є агросектор. Інноваційна комбінація штучного інтелекту та дронів не лише ефективно оптимізує процеси сільськогосподарського виробництва, а й дозволяє точно контролювати стан поля, виявляти проблеми рослин, такі як хвороби, а в майбутньому і недостатність вологи чи інших показників, та швидко реагувати на них. Це сприяє підвищенню врожайності та зниженню витрат, що робить цей підхід привабливим для сільськогосподарських підприємств.

При цьому штучний інтелект можна використовувати для автоматизації ідентифікації захворювань та шкідників культурних рослин. Такий підхід дозволить надавати рекомендації щодо методів лікування, в тому числі без підключення до Інтернету.

На основі аналізу типів штучного інтелекту визначено алгоритми, методи оптимізації та особливості навчання. Зокрема, було досліджено архітектуру трансформер, яка відзначається здатністю працювати одночасно з великим обсягом даних та швидко виявляти зв'язки між ними, що дає їй перевагу над попередніми моделями. На основі отриманих результатів розроблена технологія виявлення захворювань рослин за їх зображеннями на базі штучного інтелекту.

В рамках формування рекомендацій щодо практичної реалізації запропонованої технології визначено особливості створення датасету для нейронних мереж, що мають архітектуру трансформер. В якості прикладу розглядається GPT 4 від к. OpenAI.

Отримані результати підтвердили правильність висунутих в роботі положень. При цьому було отримано позитивні відповіді на поставлені запитання. GPT 4 від к. OpenAI здатен розрізняти хвороби та рослини, але для цього йому потрібна велика база даних та час для навчання, щоб запобігти отримання помилок під час запиту. Самі зображення ділянок

рослин повинні бути високоякісними. В свою чергу, поєднання запропонованої технології з безпілотними платформами, системами або дронами дозволить значно покращити якість сільськогосподарських робіт, що пов'язані з пошуком та лікуванням рослин, які вражені хворобами.

В рамках економічного обґрунтування прийнятих рішень визначено, що використання версії GPT-4 є оптимальним варіантом завдяки високій точності та ефективності при проведенні аналізу та ідентифікації захворювань рослин. Інші моделі поки що не можуть конкурувати з нею у цьому аспекті. При наявності достатнього датасету GPT-4 демонструє гарну здатність розпізнавати різні захворювання та пропонувати конкретні рекомендації щодо їх лікування. Треба зазначити, що вартість використання цієї версії є економічно виправданою навіть при великій кількості запитів. Використання GPT-4o складає 200 грн. При цьому вона забезпечує високу рентабельність завдяки зменшенню витрат та втрат урожаю.

Таким чином, результатом роботи є технологія виявлення захворювань рослин за їх зображеннями на основі мовної моделі. Вона може бути використана для подальших досліджень за даною тематикою та при проектуванні розумної ферми.