

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Система штучного інтелекту на основі нейронних мереж для
оцінювання стану рослин у “розумних” теплицях

Виконав: студент VI курсу, групи СНІМ-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Данильців О. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мацюк О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Тиш Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Данильців Ользі Богданівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система штучного інтелекту на основі нейронних мереж для оцінювання стану рослин у "розумних" теплицях

Керівник роботи Никитюк Вячеслав Вячеславович., к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» 03 2022 року № 4/7-191

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 травня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації Система штучного інтелекту на основі нейронних мереж для оцінювання стану рослин у "розумних" теплицях.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз предметної області. 2 Можливості впровадження інноваційних технологій для "розумних" теплиць. 3 Принцип функціонування пропотипу та основні результати роботи. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 Мітки нейронної мережі для графічних об'єктів. 6 Матриця плутанини для колонки освітленості. 7 Мітки нейронної мережі для графічних об'єктів стану рослини. 8 Матриця плутанини для мітки стану рослин. 9 Мітки нейромережі для значень вологості. 10 Confusion matrix для мітки вологості в середовищі вирощування культури.

11 Мітки нейронної мережі для значень положення листочків рослини. 12 Confusion matrix для мітки положення листочків. 13 Процес контролю температури в «розумній» теплиці

14 Процес контролю вологості ґрунту в теплиці. 15 Контроль освітленості в теплиці.

16 Висновки. 17 Завершальний слайд.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	23.10.2021-25.10.2021	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про інформаційно-технологічні платформи для відбору та опрацювання даних по темі “розумних” теплиць	26.10.2021-19.11.2021	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел про “розумні” теплиці, штучний інтелект, нейронні мережі та методи автоматизації вирощування рослин	20.11.2021-24.12.2021	Виконано
4.	Проведення досліджень по темі розробки “розумної” теплиці на основі можливостей штучного інтелекту та опрацювання даних графічних зображень	25.12.2021-15.01.2022	Виконано
5.	Формування та форматування розділу «Аналіз предметної області»	16.01.2022-27.02.2022	Виконано
6.	Оформлення розділу «Можливості впровадження Інноваційних технологій для “розумних” теплиць»	28.02.2022-13.03.2022	Виконано
7.	Оформлення розділу «Принцип функціонування Прототипу та основні результати роботи»	14.03.2022-17.03.2022	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	12.03.2022-28.03.2022	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	29.03.2022-11.04.2022	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.03.2022-01.05.2022	Виконано
11.	Нормоконтроль	02.05.2022-08.05.2022	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	04.05.2022	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.05.2021	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	25.05.2021	

Студент

_____ (підпис)

Данильців О.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Никитюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Система штучного інтелекту на основі нейронних мереж для оцінювання стану рослин у “розумних” теплицях// Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Данильців Ольга Богданівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп’ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2022 // С. 93 , рис. – 33, табл. – 1, кресл. – 0, додат. – 4, бібліогр. – 67.

Ключові слова: теплиця, штучний інтелект, нейронна мережа, інформаційна система, стан, рослина, багатошарова, тренування.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи штучного інтелекту на основі нейронних мереж для оцінювання стану рослин у “розумних” теплицях.

В першому розділі роботи проведено огляд літературних джерел за тематикою “розумні” теплиці та керування ними, використання штучного інтелекту для дослідження та роботи з теплицями. Також розкрито поняття smart-технологій у глобальному розумінні. Проаналізовано вже існуючі в світі рішення, схожі до описуваної розробки.

Другий розділ дипломної роботи відведено, щоб розкрити можливості штучного інтелекту в рамках сучасних технологій та перспективи розвитку. Тут також описано прототип дослідження, його складові і методику дослідження.

В третьому розділі розглянуто інформаційну складову системи, математичний апарат “розумної” теплиці та методи фільтрації зображень. Наведена архітектура розробленої інформаційної системи. Розкрито зміст побудови нейронної мережі Deep Learning для оцінювання стану рослин.

ANNOTATION

Artificial intelligence system based on neural networks to assess the condition of plants in "smart" greenhouses // Thesis of educational level "Master" // Danyltsiv Olha Bogdanivna // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2022 // P. 93, fig. – 33, tables – 1, draw. – 0, annexes – 4, references. – 67.

Key words: greenhouse, artificial intelligence, neural network, information system, state, plant, multilayer, training.

The qualification work is devoted to the development of an artificial intelligence system based on neural networks for assessing the condition of plants in "smart" greenhouses.

The first section of the paper reviews the literature on "smart" greenhouses and their management, the use of artificial intelligence for research and work with greenhouses. The concept of smart technologies in a global sense is also revealed. The existing solutions in the world, similar to the described development, are analyzed.

The second section of the thesis is devoted to the possibilities of artificial intelligence in the framework of modern technologies and prospects for development. It also describes the prototype of the study, its components and research methodology.

The third section considers the information component of the system, the mathematical apparatus of the "smart" greenhouse and methods of image filtering. The architecture of the developed information system is given. The content of building a Deep Learning neural network for assessing the condition of plants is revealed.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

NARX (англ. Nonlinear Autoregressive Exogenous Model) – нелінійна авторегресійна модель, поточні значення робити в якій залежать від минулих значень того ж самого ряду та зовнішньо визначеного ряду, який впливає на цільовий.

GPS (англ. Global Positioning System) – система глобального позиціонування, що визначає розміщення і швидкість переміщення об'єктів.

PHC – розумні навчальні середовища.

IoT (англ. Internet of Things) – інтернет речей, концепція взаємопов'язаних об'єктів, що базуються на технологіях зв'язку між собою і навколишнім середовищем.

ДНК – Дезоксирибонуклеїнова кислота, одна з двох нуклеїнових кислот, що відповідає за переносження генів між поколіннями.

IBM (англ. International Business Machines Corporation) – американська компанія комп'ютерів та програмного забезпечення.

SMM (англ. Social Media Marketing) – інструмент для просування в інтернеті та соціальних мережах.

НМ – нейронна мережа.

ШНМ – штучна нейронна мережа, комп'ютерне відображення мозку людини.

ШІ – штучний інтелект, один з розділів інформатики, завданням якого є створення технологій для інтелектуальних машин, додатків, сервісів, тощо.

RNN (англ. Recurrent Neural Networks) – рекурентна нейронна мережа, один з видів нейронних мереж, в яких з'єднання між вузлами утворюють орієнтований граф.

FFNN (англ. Feed-Forward Neural Network) - Концепція нейронної мережі з прямим зв'язком.

IDE (англ. Integrated Drive Electronics) – інтегроване середовище розробки, що використовується для розробки програмного забезпечення.

API (англ. Application Programming Interface) – інтерфейс прикладного програмування, пакет функцій, який забезпечує доступ додатків до даних, зовнішніх програмних компонентів системи та сервісів.

MQTT (англ. Message Queue Telemetry Transport) – мережевий протокол для обміну повідомленнями і працює на TCP/IP.

GIS (англ. Geoinformation System) – геоінформаційна система, технологія, що дозволяє працювати з модельними зображеннями території.

AI (англ. Artificial intelligence) – штучний інтелект, здатність інженерної системи працювати із раніше отриманими знаннями та вміннями.

ANN (англ. Artificial Neural Networks) – штучна нейронна мережа, частина системи призначена для роботи аналогічно людському мозку.

LED (англ. Light-Emitting Diode) – напівпровідниковий електронний пристрій, що за допомогою здатності проведення електричного струму здатний випромінювати світло.

UNO (ітл. Uno) – один.

SQL (англ. Structured Query Language) – мова структурованих запитів, розроблена для роботи з базами даних.

БД – база даних, набір впорядкованих і структурованих даних, які пов'язані між собою і зберігаються в одному місці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	12
1.1 Огляд літературних джерел за тематикою дослідження.....	12
1.2 Поняття smart-технологій у глобальному розумінні.....	15
1.3 Огляд нейронних мереж які використовують в “розумних” теплицях	17
1.4 Аналіз існуючих рішень та вирішення проблематики.....	22
1.5 Висновок до першого розділу.....	25
2 МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ “РОЗУМНИХ” ТЕПЛИЦЬ	26
2.1 Можливості штучного інтелекту в рамках сучасних технологій .	26
2.2 Використання штучного інтелекту в “розумних” теплицях.....	32
2.3 Розвиток штучного інтелекту в галузі розробки smart-теплиць...	41
2.4 Фізичний опис прототипу smart-теплиці	43
2.5 Сенсори та технічні характеристики теплиці	45
2.6 Опис методики дослідження	47
2.7 Висновок до другого розділу.....	52
3 ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОТОТИПУ ТА ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ	54
3.1 Інформаційна складова	54
3.2 Алгоритм роботи “розумної” теплиці.....	65
3.3 Фільтрація зображень	69
очищенні сигналів та зображень від імпульсних шумів.	70
3.4 Результати тренування штучного інтелекту.....	71
3.5 Висновки до третього розділу	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
4.1 Правила охорони праці в "розумних" тепличних приміщеннях ..	74
4.2 Охорона праці і правила роботи з приладами, які генерують	

	9
випромінювання	79
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	86
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. У міру того, що останні десятиліття інтерес до нейронних мереж значно підвищений їх почали досліджувати та вводити у повсякденне життя у різних сферах. Важливою перевагою є те, що штучна нейронна мережа являє собою модель природної нервової системи живого організму. Звідси можна стверджувати, що створення і вивчення таких мереж дозволяє ширше дізнатись про функціонування природних систем. Тому, виходячи з вище сказаного, стверджуємо, що побудова прототипу “розумної” теплиці та інформаційної технології моніторингу та керування нею є важливим аспектом в подальшому розвитку галузі не лише господарства, а й багатьох інших.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є вивчення алгоритмів тренування штучної нейронної мережі, з використанням GPU та з можливістю оцінки стану рослин на основі їх фото для використання в інформаційній технології керування “розумними” теплицями.

Ключовими моментами в роботі є наступні завдання:

- Принцип вибору типу нейронної мережі для класифікації та оцінки стану рослин.
 - Керування smart-теплицею за допомогою інформаційної технології;
 - Дослідження етапів формування, упорядкування, фільтрування та систематизація датасету для нейронної мережі.
 - Вивчення принципів маркування стану рослини на основі готового датасету.
 - Аналіз навчання нейронної мережі з використанням GPU.
- Проведення оцінки отриманих результатів.

Об’єкт дослідження: процеси роботи штучних нейронних мереж.

Предмет дослідження: методи роботи штучного інтелекту та нейронної мережі на прикладі “розумної” теплиці.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у використанні нейронних мереж для задачі моніторингу та керування розроблюваного прототипу.

Практичне значення одержаних результатів. Виконано побудову прототипу “розумної” теплиці та інформаційної технології моніторингу та керування нею.

Апробація результатів магістерської роботи. Ключові результати роботи та виконаних досліджень обговорювались на:

IV Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2021 р.).

IX науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2022 р.).

Науково-технічної статті в першій частині збірника «MoMLeT&DS 2021. Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop» (м. Львів – м. Шацьк, 2021 р.) (Scopus)

Публікації. Основні результати дипломної роботи опубліковано у трьох науково-технічних працях (див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 67 найменування та 4 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 120 сторінок, з них 81 сторінок основного тексту, який містить 33 рисунків.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд літературних джерел за тематикою дослідження

У теперішньому світі все частіше і частіше люди займаються автоматизацією та комп'ютеризацією звичайних побутових процесів. Це відноситься не лише до виробництва тої чи іншої продукції, але й до такого як посів, вирощування, догляд та підтримка рослин, автоматизація виробництва, буденного життя, офісної роботи та навіть мистецтва.

Яскравим прикладом в аграрній сфері є “розумних” теплиця на основі IoT. Саме її описали Раві Кішор Кодалі, Вішал Джайн і Суміт Карагвал у своїй статті [1]. Попри всі переваги, основний плюс такої технології є те, що через свою побудову шкідники та комахи не можуть зашкодити рослинам всередині, а це, в свою чергу, усуває потребу в додаткових хімічних обробках.

Сама теплиця для підтримки поливу використовує крапельне зрошування. Рівень води вимірюється ультразвуковим сенсором. Коли він опускається нижче порогової позначки, то система автоматично сповіщає про це користувача. Для вологості та температури також використовуються сенсори. У теплиці наявні лампи, які випромінюють світло в дуже специфічних спектрах. Саме це допомагає досягти гранично конкретних результатів у зростанні рослин. Самі пристрої керування сенсорами подано на рисунку 1.1 [1].

Використання сенсорів різних типів є основою для побудови “розумних” теплиць. Це доводять дослідження багатьох науковців в галузі ШІ та IoT. Ще одним прикладом є розробка студентів Університету Шахід Бехешті. В даному випадку інтелектуальний контроль параметрів теплиці здійснюється за схемою наведеною на рисунку 1.2 [2].

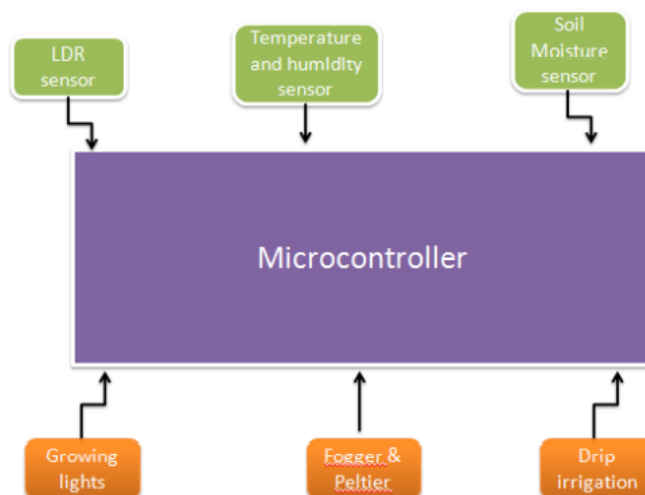


Рисунок 1.1 – Пристрої керування сенсорами.

В прототипі використовується сенсор LM35 для вимірювання температури. Виходячи з його показів включається обігрівач чи охолоджувач. Використовуваний нечіткий контролер являє собою систему з двома входами і двома виходами. Перший вхід – це різниця між температурою теплиці та бажаною температурою, а другий вхідний параметр визначає тип приводу (нагрівач або охолоджувач), який визначається контролером супервізора. Кількість вологи ґрунту отримується сенсором Y1-69 із тепличного середовища і працює він за таким ж принципом. Для вимірювання вологості середовища теплиці використовують сенсор Dht12. При проектуванні та впровадженні світлового регулятора використовують сенсор фотоелемента [1].

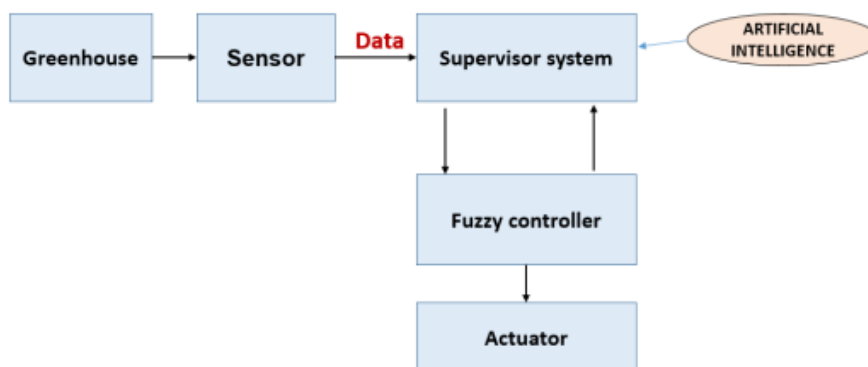


Рисунок 1.2 – Процес контролю параметрів теплиці.

Важливим аспектом теми штучного інтелекту та нейронних мереж є те, що вони здатні не тільки проводити моніторинг, але й робити передбачення стосовно того чи іншого параметру. Для прикладу, Алехандро Кастаньєда-Міранда та Віктор М. Кастаньо дослідили у своїй статті [3] розумний контроль заморозків в теплицях за допомогою моделей нейронних мереж. Ними розроблена багатошарова штучна нейронна мережа, під назвою Perceptron. В ній застосовано алгоритм зворотного поширення Левенберга-Марквардта. Згодом Perceptron було впроваджено для інтелектуального контролю заморозків у теплицях у центральному регіоні Мексики. Як вхідні змінні взято температуру зовнішнього повітря, відносну вологість зовнішнього повітря, швидкість вітру, глобальний потік сонячної радіації та відносну вологість ґрунту. Результати показали 95% достовірність прогнозування [2].

В часовому аналізі моделей глибинних нейронних мереж для прогнозування кліматичних умов всередині теплиць зазвичай використовують модель NARX [4]. Це динамічна нейронна мережа. Застосовують їх через більшу потужність порівняно з іншими, проте процес навчання такої мережі є складнішим і довшим. Ця нейронна мережа з певними характеристиками була виконана для оцінки ефективності безперервних прогнозів тепличного клімату в “розумній”теплиці Дослідницьким центром Smart Farm, Корейського інституту науки і технологій (KIST). Мережа була навчена за уже раніше згадуваним розширеним алгоритмом Левенберга-Марквардта (з байєсівською регуляризацією), який обчислює оновлені на кожній ітерації навчання ваги через відношення. Вхідна інформація моделі NARX, яку вчені використовували, була такою ж, як і інформація, використана для моделі ANN. Тобто вхідні дані не відрізнялись.

Цікавим прикладом є використання нейронних мереж в задачах класифікації тепличного середовища для врожаю троянд на основі штучного інтелекту. Для вирішення даного завдання всього було представлено 300 експериментальних точок даних від різних сенсорів щодо вологості ґрунту, інтенсивності світла, температури, вологості повітря та концентрації CO₂ для

чотирьох різних класів середовища врожайності тепличних троянд. Після того зібрано дані для дослідження та візуалізовано їх за допомогою теплових карт, кореляційних діаграм, пар та діаграм скрипки [5]. Після того виконана робота по навчанню та розвитку глибокої нейронної мережі. Тобто всі зібрані дані були розподілені на навчальні (80%) і тестові (20%) набори. Всі втрати мінімізовані до 36-ї ітерації, при тому, що загальна кількість ітерацій становить 80.

1.2 Поняття smart-технологій у глобальному розумінні

З кожним днем цивілізація стає все більше розвиненою, відповідно наука також не стоїть на місці, з'являються нові відкриття, люди досягають того, що раніше здавалось фантастичним [6].

Смарт-технології – це концепція, яка передбачає використання мікропроцесорів та комп'ютерних систем для виконання чітко поставлених завдань та обміну інформацією [7]. З одного боку, здавалось би це поняття відносно «молоде» і появилось нещодавно, проте смарт-технології оточують нас уже доволі давно. Наприклад GPS-навігатори, смартфони, “розумні” годинники, комп'ютери та їх системи, програми, камери спостереження тощо.

Спершу хотілось би відзначити дослідницьку основу “розумної” освіти. Цією основою є розумні навчальні середовища. Такі середовища являються ефективними і привабливими для своїх учасників [8]. Ключовою фігурою тут є учень. Основна мета розумного навчального середовища – це забезпечення самонавчання, вміння учасників самомотивуватись, відповідати за правильний розподіл свого часу. Також важливо є надавати послуги за допомогою яких учні можуть відвідувати курси в індивідуальному темпі та отримувати доступ до навчальних матеріалів відповідно до своїх особистих потреб. РНС ідентифікуються як звичайні фізичні середовища, забезпечені достатньою кількістю цифрових, контекстно-залежних та адаптивних пристроїв. Це сприяє кращому та ефективнішому навчанню. Для прикладу, в

2011 році вчений Кім та його колеги розробили розумне навчальне середовище на основі хмарних обчислень [8]. Загалом РНС складається з повсюдних спільних навчальних просторів, які перетворюють традиційні навчальні простори в інтелектуальні навколишні навчальні середовища.

Також важливо відзначити, що саме інтелектуальні технології несуть в собі важливу роль у побудові “розумної” освіти.

Інвестиції в медицину являють собою досить великий відсоток витрат кожної держави. Особливо в даний період часу. Технології SMART торкнулись і цієї галузі. Розглянемо “розумні” лікарні. Їхні технологічні особливості настільки розвинені, що вони забезпечують окремий підхід та догляд за кожним пацієнтом [9]. В таких закладах хворий розглядається як центр проблем управління. Як правило, більшість процесів, які тут відбуваються автоматизовані. Тобто ефективність лікувальних заходів в клініках та лікарнях визначається технічним оснащенням [10].

Відзначимо поняття smart в галузі туризму. Сам smart-туризм будується на основі Інтернету речей (IoT) та хмарних обчислень, застосовуючи для обробки саме туристичну інформацію. Тобто це путівники, карти, знижки тих чи інших компаній. Також smart-туризм корисний для реалізації послуг в режимі реального часу [11].

На рисунку 1.3 подано таблицю з туристичними додатками в smart-дестинаціях.

Для прикладу взаємодія в дестинації може являти собою модель відносин на локальному рівні між університетом, музеєм, відвідувачами, малим та середнім бізнесом [11].

Завдяки науковим дослідженням інструментарій smart-туризму широко використовується в таких країнах як Південній Кореї, Італії, Іспанії, Нідерландах, Німеччині, Сінгапурі тощо.

Таблиця 1.1 – Туристичні додатки в Smart-дестинаціях

Туристичні додатки	Корисні функції	Компоненти дестинації	Компоненти «розумних туристичних дестинацій»
X-реальність (XR): доповнена (AR), віртуальна (VR) та спільна (MR)	Переклад Співучість	Атракції	Smart-люди, Smart-мобільність
Автомобільні та картографічні системи стеження (у т. ч. GPS)	Планування	Доступність	Smart-життя, Smart-мобільність
Готельна та атракційна енерго-ефективність та клімат контроль	Сталість	Зручність	Smart-навколишнє середовище
Багатомовний туристичний додаток, який також пропонує доступ до різних пакетів	Управління	Наявні пакети інформації	Smart-мобільність
NFC-теги та QR коди доступу до інформації про прилеглі пам'ятки	Паралельний маркетинг	Діяльність	Smart-мобільність
Туристична система управління скаргами та якістю	Зворотній зв'язок	Допоміжні	Smart-життя
Система лояльності	Залучення	Взаємодія	Smart-люди, Smart-мобільність

Як видно, сучасні технології є ключовим важелем для стабільного розвитку туристичних цілей. Саме побудова взаємовідносин між освітою, культурою та бізнесом виступає “розумною” інвестицією в майбутній смарт-туризм. Він, в свою чергу, створений для того щоб забезпечити інформаційну структуру, використовуючи переваги взаємозв'язку та сумісності інтегрованих технологій. В цій галузі працюють над реінжинірингом процесів і даних з метою створення інноваційних послуг, продуктів і процедур, що забезпечують максимальну цінність зацікавлених сторін [12].

1.3 Огляд нейронних мереж які використовують в “розумних” теплицях

На сьогоднішній день існує декілька методів і стратегій контролю за рослинами в “розумних” теплицях. Наприклад таких як прогнозний контроль чи адаптивне керування, керування нелінійним зворотнім зв'язком, керування

нечіткою логікою, надійне керування.

Для контролю теплиці найкращим є запропонований оптимальний контроль середовища. Однак для екологічного контролю теплиць існують звичайні пропорційні методи, інтегральні методики та похідні контролери (PID). Вони в основному застосовуються завдяки своїй гнучкості, архітектурі і хорошій продуктивності [13].

Інша тема, яка цікавить виробництво тепличних культур — це енергетика споживання, в якому сонячна енергія представлена як життєдатний замітник традиційних джерел (палива та електроенергії). Сонячна енергія краща за традиційні джерела, оскільки паливо не є відновлюваним і представляє високу вартість, а сонячна енергія ні. Традиційні джерела енергії можна замінити іншими стійкими джерелами енергії, такі як сонячна, енергія вітру, біомаса, геотермальна енергія. Однак використання саме сонячних фотоелементів або сонячної теплової енергії в теплиці застосовується ширше і зазвичай може поєднуватися з іншими джерелами енергії.

Сонячні теплиці забезпечують контрольовану систему вирощування. Основна увага приділяється скороченню потреб в енергії опалення, тобто потреба в опаленні значною мірою залежить від сонячної енергії.

Перейдемо до штучних нейронних мереж, які зазвичай використовуються під час розробки та роботи з “розумними” теплицями.

ШНМ класифікуються за різними критеріями. Проте основні можна поділити на дві категорії:

- Нейронні мережі прямого зв'язку (FFNN);
- Рекурентні нейронні мережі (у дискретному часі) або диференціальні (у безперервному часі);

Розглянемо спершу нейронні мережі прямого зв'язку. Нейрон – це основний компонент нейромережі [13]. Нейрони з'єднані один з одним за допомогою синаптичної маси. Якщо розбирати нейронну мережу з трьома шарами, як на рисунку 1.3 поданому нижче, то можна спостерігати вхідний шар, прихований шар і вихідний шар, проміжний шар вважається

самоорганізованим.

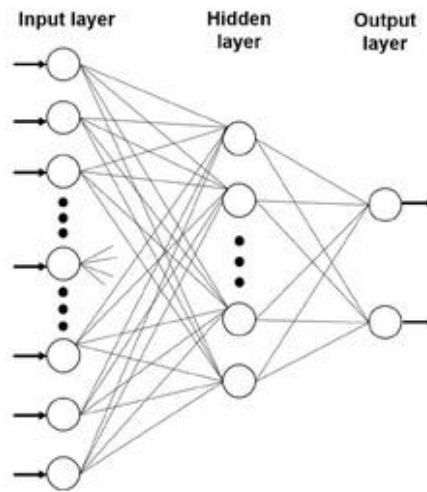


Рисунок 1.3 – Нейронна мережа з трьома шарами

Наступне – це карта Кохонена, яка складається з двох шарів – блоків обробки (введення та виведення), залежно від складності мережі (в кожній мережі може бути кілька прихованих шарів).

У FFNN (тобто нейронній мережі прямого поширення) інформація прогресує від вхідних вузлів до прихованих і від прихованих вузлів до вихідних вузлів.

Метод навчання в такій нейронній мережі можна розділити на два етапи:

- Перший етап полягає у визначенні нейрона прихованого шару, вектор ваги якого є першим вхідним вектором;
- Другий стосується тренувального процесу. Спочатку буде обчислено евклідову відстань між вхідними нейронами і вектор ваги першого нейрона. Якщо відстань більше за попередньо визначене порогове значення, новий нейрон прихованого шару створюється шляхом призначення введення як вектор ваги. В іншому випадку вхідний шаблон належить цьому нейрону.

Під час навчання, кожен шаблон, представлений мережі, вибирає найближчий нейрон за евклідовою мірою відстані, змінюючи вектор ваги переможця, тоді топологічні сусіди мають їх у напрямку введення, ваги, що

залишають «нейрону-переможцю» та його сусідам.

Важливо зазначити таке поняття, як зворотне поширення — це тип навчання ШНМ, який використовується для реалізації контрольованого навчання.

Прямі НМ також поділяються на дві категорії, залежно від кількості шарів: одношарові або багатошарові.

Перейдемо до рекурентних нейронних мереж (RNN). У них інформація переміщається вперед і назад, як це видно на рисунку 1.4.

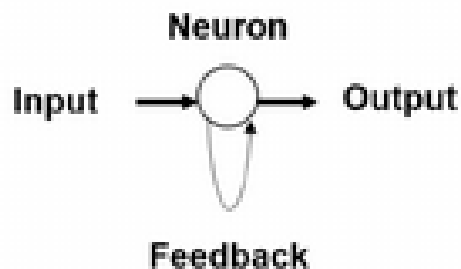


Рисунок 1.4 – Переміщення нейрона в рекурентній НМ

Саме з цієї причини їх ще називають мережами зворотного зв'язку. У цих мережах з'єднання між вузлами утворюють спрямований цикл, де принаймні один шлях веде назад до початкового нейрона. У цьому типі мережі існують різні види структури:

- Мережа Хопфілда: кожен нейрон повністю симетрично пов'язаний з усіма іншими нейронами в мережі. Її показано на рисунку 1.5.

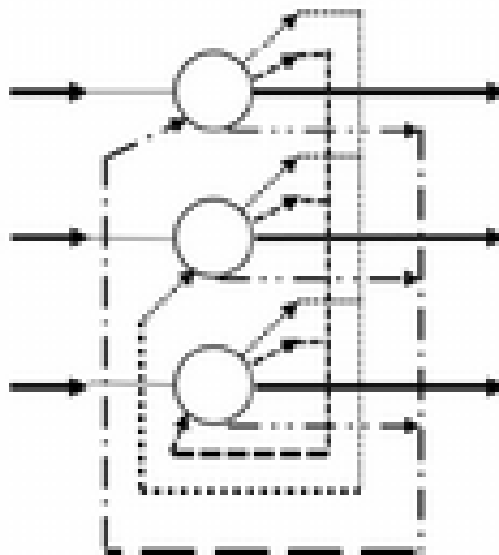


Рисунок 1.5 – Мережа Хопфілда

- Мережа Елмана: це горизонтальна мережа, до якої додається набір «контекстних» нейронів. На рисунку 1.6 показано, як контекстні блоки підключені до прихованого мережевого рівня закріпленого вагою [14].
- Та мережа Йорданії: вона дуже схожа до мережі Елмана.

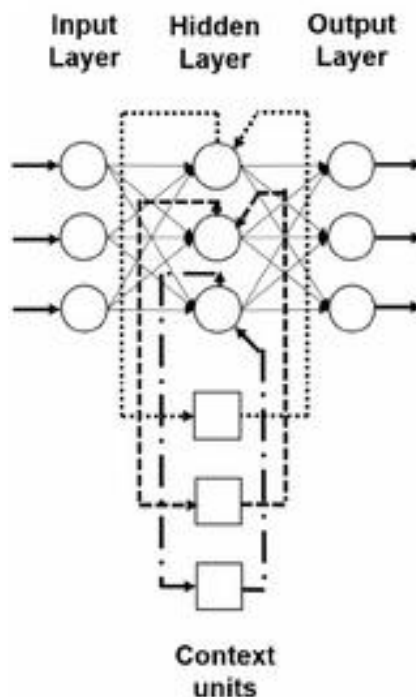


Рисунок 1.6 – Мережа Елмана

1.4 Аналіз існуючих рішень та вирішення проблематики

Розглянемо стартапи, які переросли з часом у бізнес або ж знаходяться на етапі вдосконалення в сфері “розумних” теплиць.

В першу чергу хочеться відзначити компанію Herbert. Це “розумна” садова система, яка дозволяє своєму користувачу вирощувати трави, зелень та інші рослини в будь-яку пору року в домашніх умовах. Фішка цієї розробки полягає в тому, що вона кріпиться на стіну, а отже не займає багато місця в будинку чи квартирі [15]. Сама основа розробки представляє собою буковий каркас. Herbert – це гідропонічний “розумний” сад, тобто рослини безпосередньо ростуть у воді, без використання ґрунту, а це в свою чергу забезпечує ріст культур на 40% швидше, ніж при традиційному вирощуванні.

Вигляд моделі показано на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – “Розумна” садова система Herbert

Наступний стартап на який хотілося б звернути увагу це Click & Grow Smart Soil. Середовище створює ідеальні умови для росту та дозрівання

рослин.

Smart Soil забезпечує рівномірний розподіл води всередині наноструктури, тому корені рослин мають постійне зрошування.

Принцип роботи системи подано на рисунку 1.8.

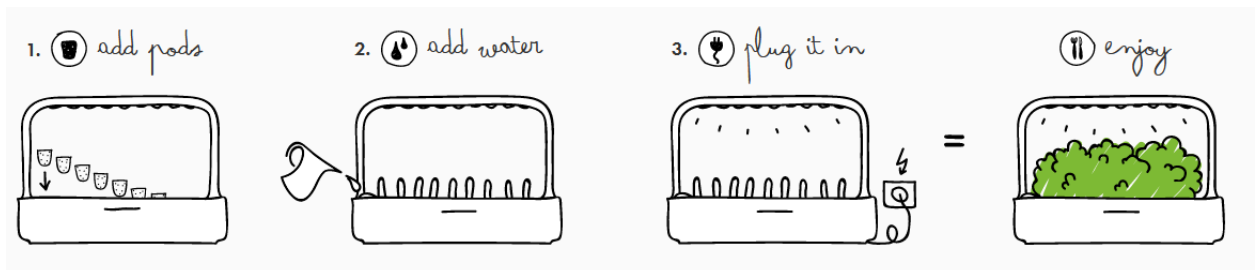


Рисунок 1.8 – Принцип роботи Click & Grow Smart Soil

Також Smart Soil гарантує, що рослини отримують оптимальну конфігурацію води, кисню та поживних речовин і мають ідеальний рівень рН.

Середовище для росту виготовлено з натуральних поновлюваних матеріалів і не містить пестицидів, гормонів, фунгіцидів та інших шкідливих речовин, що в наш час є дуже актуальним в обробці від шкідників [16].

Від компанії Click & Grow також є ще один хороший продукт. Це Click & Grow 25. Розробка представляє простору та енергоефективну систему внутрішнього саду. Вона здатна виростити для свого власника велику кількість зелені та трав [17]. Вигляд Click & Grow 25 показано на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Вигляд системи Click & Grow 25

Система регулює полив та освітлення. Розробники також потурбувались про додаток, при підключенні якого надаються постійні оновлення інформації стану рослин в режимі реального часу та рекомендації щодо розвитку культури, яка знаходиться в середовищі системи.

Як відзначає компанія, Click & Grow 25 унікальним робить запатентована система лотків. Вона створює ідеальний цикл росту, а це збільшує урожай і покращує сам ріст рослини [17].

Також продукт AeroGarden. Місія компанії забезпечити садівництво в будинку цілий рік, щоб кожен користувач в будь яку пору міг отримати для себе та своєї сім'ї свіжі овочі та зелень. Своїми перевагами компанія, в першу чергу, відзначає дизайн та функції системи. Тобто йде мова про регульоване освітлення. Користувач сам може виставити рівень яскравості ламп в системі від найяскравішого до найтемнішого. Ще одна перевага – це сенсорна панель керування, яка постійно вдосконалюється компанією. За допомогою неї легко орієнтуватись як проходить процес росту. Вигляд прототипу подано на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Вигляд системи AeroGarden

До наступних особливостей віднесемо ці:

- 40 Вт світлодіодне освітлення для вирощування;
- кольоровий сенсорний екран;
- світлодіодний димер Grow Light;
- Wi-Fi підключення;
- режим відпустки;
- доступ до порад із садівництва;
- доступ до Quick Plant;
- вдосконалене налаштування «Спеціальний набір насіння».

1.5 Висновок до першого розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи було детально проаналізовано предметну область в якій проводитиметься дослідження. Також проведено огляд розробок в галузі “розумних” теплиць попередніх років в різних країн світу включно з описом використовуваних технологій і методологій досліджень.

В першу чергу розглянуто “розумні” теплиці та системи керування ними, використання нейронних мереж і штучного інтелекту для “розумних” теплиць. Описано поняття SMART у глобальному розумінні та у різних сферах сучасного життя. Сюди входить використання “розумних” технологій в освітньому процесі, медицині, туризмі, тощо. Зазначаються переваги впровадження ШІ і автоматизації в повсякденні процеси.

Детально проаналізовано методи і стратегії контролю керування при роботі з різними рослинами і “розумних” теплицях, вказано переваги використання таких систем і особливості їх експлуатації.

Описано види штучних нейронних мереж. Проаналізовано нейронні мережі прямого зв'язку та рекурентні нейронні мережі, їх структуру, розміщення шарів. Вказано принципи роботи та особливості застосування тої чи іншої технології. Розглянуто методи і етапи навчання НМ.

2 МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ “РОЗУМНИХ” ТЕПЛИЦЬ

2.1 Можливості штучного інтелекту в рамках сучасних технологій

Як відомо, людство зараз живе у «швидкоплинному» світі. З кожним днем все міняється та вдосконалюється. Відбуваються впровадження нових механізмів і технологій, автоматизовуються рутинні процеси, з'являються інновації, які значно спрощують нам життя та роботу.

Науковці наполегливо працюють в сфері розвитку штучного інтелекту, аналітики даних, обробки великих масивів даних, «інтернету речей» та дослідження операцій. Всі ці алгоритми будуються з ціллю покращити ті чи інші процеси в житті суспільства [18]. В даному розділі ми зупинимося на понятті «штучний інтелект».

Для кращого розуміння згадаємо фільм «Гра в імітацію»[18]. Тут розповідається, як команда під керівництвом Алана Тюрінга розшифрувала код, який був створений під час німецької війни зберіг більше 10 млн людських життів за допомогою ШІ. В свою чергу, наприклад, у фільмі «Я робот» піднімається тема моральної, етичної та юридичної проблеми. Кінострічка демонструє ситуацію, коли при аварії дві машини падають у воду, і саме робот визначає життя якого водія рятувати. Завдяки алгоритму штучного інтелекту всередині цього робота було прораховано у кого шанси вижити вищі. Звичайній людині іноді складно зрозуміти логіку, якою керується машина при прийнятті того чи іншого рішення (оскільки ця логіка є нелюдською). Найкраще її пояснює принцип роботи нейронних мереж.

Зараз вчені даної галузі в основному працюють над поєднанням інноваційних технологій з моральними аспектами роботів. Чому це стримує впровадження штучного інтелекту? Відповіддю на питання може бути приклад автомобільної компанії з Кремнієвої долини (Америка) Tesla Inc.

Працівники компанії ще декілька років тому розробили алгоритм, який дозволяє зробити автомобіль повністю автоматично керованим, необхідно лише перешити програмне забезпечення. Проте ніхто цього довгий час не використовував, саме через аспекти, які були раніше перераховані.

Якщо говорити коротко, алгоритм ШІ працює за таким принципом:

- Накопичуються певні дані (в залежності від задач, які ставляться);
- Проводиться їх аналіз;
- В результаті аналізу відбувається певне розуміння обробленої інформації;
- На основі цього розуміння приймаються рішення [18].

Як приклад наведемо самий елементарний випадок використання штучного інтелекту в повсякденному житті. Напевно кожен знає, винайдений ще в 1956, алгоритм пошуку найкоротшого шляху (саме за його принципом працюють GPS-пристрої). Побудова маршруту з точки А в точку Б тут орієнтується на два параметри – це відстань і час. Але не так давно розроблено механізм, за яким машина прокладає для користувача так званий «найкрасивіший» шлях, «найтихіший» шлях та «найщасливіший» шлях. Що це означає? В першому випадку алгоритм аналізує вулиці, які мають більш вишукану архітектуру, красиві будинки, та й загалом інфраструктуру міста. В другому відповідно проводиться моніторинг тихих місць, парків, відсутності скучення натовпу тощо. А третій алгоритм покаже дороги, на яких присутні паби, кафетерії, ресторани та розважальні заклади.

Тобто все, чим слід керуватись машині – це обраховувати коефіцієнти «щастивішості», «тихішості» та «красивішості» [18].

Вже було згадано за інновації ШІ в галузі медицини. Тепер хочеться також пояснити, як це виглядає на практиці в реальному світі. Яскравим прикладом цього є медичинський аналіз дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) та медичинська аналітика. Компанія «23andMe», що знаходиться в Маунтін-В'ю всього лише по результатах ДНК людини може визначити до яких хворіб вона схильна, стан її здоров'я в даний момент, передбачення

захворювань у найближчий час тощо. Цей механізм працює на принципі нейронних мереж. Слід відзначити, що в даному випадку застосовується багатосарова нейромережа, і якщо похибка одного нейрона при аналізі і роботі 30%, то похибка сукупності нейронів близько 3%.

Важливим досягненням в галузі лікарської справи є діагностика зору та виявлення хворіб. Саме завдяки глибинному навчанню штучного інтелекту можна виявляти онкологічні захворювання, проблеми з серцево-судинною системою. Одним з найголовніших досягнень прийнято вважати можливість синтезу мови за допомогою сканування кори головного мозку людини (це відбувається через активність нейронів) [18].

Компанія IBM в свою чергу широко використовує NN для визначення зв'язків між компаніями і людьми, які впливають на інвестиційний портфель своїх клієнтів [19]. Тобто по аналізу сукупності інформації в газетах, журналах, соціальних мережах та інших електронних джерелах можна визначити чи пов'язана людина з корумпованими організаціями та її минулу професійну історію.

Широко використовують штучний інтелект і в охороні державного сектору, вулиць, провулків, установ особливої важливості. Тобто за допомогою аналізу даних з камер спостереження можна легко визначати в якому районі або частині міста частіше за все стаються злочини, крадіжки, неправові дії з боку громадян. Відповідно там зосереджувати більшу кількість поліції чи правоохоронців. Тут так само варто згадати державних працівників та політичну частину. За допомогою ШІ працівники здатні в рази швидше обробляти і систематизувати документи. В Британії стверджують, що роботи та "розумні" програми в змозі замінити близько 90% чиновників.

Напевно, найбільшої популярності зараз набув Smart-House ("розумний" будинок). Ціла система, що базується на штучному інтелекті та «інтернеті речей» може не тільки гарантувати надійну систему безпеки для людей, які там знаходяться, але й керувати станом мережі в будинку, самостійно прибирати, стежити за витратами електроенергії, води, світла тощо [20].

На основі штучного інтелекту також створені роботи-асистенти, які керуються всього лише людським голосом. Як і будь-які інші винаходи, вони розроблені для того, щоб полегшити людині щоденне існування. Тобто користувач всього лише каже, що робот повинен зробити, а він уже виконує команду. Для прикладу включає світло, кондиціонер, систему зволоження повітря, відкриває воду у ванні чи в іншому приміщенні будинку, повідомляє про наявність повідомлень на автовідповідачі або програє їх, інформує про новини в країні та світі.

Як фантастично це б не звучало, але ШІ застосовують також в сфері мистецтва. Найчастіше це книги і музика. На основі того, що людині подобається, машина може генерувати музичний ряд або писати книгу. Більше того, нещодавно створена колискова, яка, за словами дослідників має лікувальний та заспокоюючий ефект. В порівнянні мелодії написаної за допомогою штучного інтелекту та мелодії виконуваної професійними музикантами було вирішено, що з своєю задачею краще і швидше справився робот.

Машинне навчання застосовують у «доповненій реальності». Більшості це поняття асоціюється з відеоіграми та розвагами, попри те віртуальну реальність використовують ще й у сфері тренуваннях, лікуванні певних захворювань і загалом у медицині [21]. Також все більш популярним є вибирати товари у віртуальних магазинах, чи наприклад приміряти на себе одяг перед покупкою за допомогою ШІ.

В 2022 році в Україні все частіше використовується програмне забезпечення Clearview AI, власником якого є американська компанія. За допомогою штучного інтелекту програма здатна порівнювати обличчя людини з базою даних, яка містить понад десять мільярдів зображень (два з них взяті з соціальних мереж, а інші вісім з загальнодоступних веб-джерел, включаючи ЗМІ, веб-сайти з фотографіями та інші відкриті джерела.) [22].

Розробники надають Clearview AI в користування університетам, правоохоронним органам, військовим та приватним особам [23]. Це фактично

одна з найсучасніших технологій для ідентифікації та виявлення злочинів, що в свою чергу зменшує відсоток кримінальності в місті/ області/ країні та підвищує безпеку проживання громадян. Clearview AI придатна і для отримання високоякісних слідчих матеріалів [24].

Досягнення в галузі штучного інтелекту не обмежуються лише вищеописаними прикладами. На сьогоднішній час його застосовують майже у всіх сферах людського життя. Все частіше стає популярним розробка роботів, які набувають для людей статусу друга та помічника.

Компанія Neurotrack, локально розташована в Києві, спеціалізується на застосуванні машинного навчання та використанні нейронних мереж в інших ланках промисловості і бізнесу, які ще не були згадані. Комп'ютерні програми фірми здатні виконувати функції, здавалося б давніше можливі лише людині.

Один з популярних проєктів націлений на аналіз попиту в закладах харчування. Тобто це ресторани, кафе, паби та інші культурні місця. Статистика доводить, що близько 30% відвідувачів покидають заклад не встигнувши толком переглянути меню. Це відбувається через брак часу і відсутність можливості чекати на своє замовлення. Тому Neurotrack розробили спеціальні програми для, так званої, затримки клієнтів [25]. Вони аналізують особливості меню, фактори кількості відвідувачів, які на даний момент присутні в закладі, сезонність, тенденцію замовлень відповідно до періоду доби тощо. Відповідно до цих даних ресторатори та кухарі знають, коли і які страви необхідно готувати в пріоритеті, або ж на яких клієнтів орієнтуватися.

Neurotrack також в процесі покращення і дослідження “розумного” холодильника. Така інновація забезпечить своєму власнику можливість купувати та оплачувати товари не виходячи з дому і не стоячи в черзі, тим самим економлячи свій час.

Для цього просто необхідно завантажити на смартфон програмне забезпечення, розроблене компанією, відсканувати QR код, що наявний на кожній моделі холодильника та забрати товар який необхідний. Система самостійно обраховує скільки та якого товару взяв покупець і відповідно

списує кошти ти з його рахунку, а нейронні мережі на основі яких працює прилад збирають дані для продавця. Яким чином це відбувається? Все дуже просто, холодильник порівнює кількість певного продукту в нормі з кількістю наявною в даний момент. Відповідно приймає рішення, що той чи інший фрукт, овоч, чи будь що інше закінчується і його треба докупити.

За допомогою роботи нейронних мереж аналізують також реакцію глядача на відео-контент. За допомогою сенсорів, які зчитують показники змін організму людини, можна сказати чи сподобався людині відеоролик або ж фото-контент. Цікавим є той факт, що зовсім недавно такі маневри могла робити лише людина, витрачаючи на це досить великий проміжок часу.

Зараз науковці працюють над тим щоб штучний інтелект можна було використовувати не лише в технічних професіях, але й у творчих. Наприклад це робота копірайтера, SMM-менеджера, ілюстратора та інші. Щодня їм доводиться генерувати довгі тексти на різні тематики та придумувати дизайн до написаного. Для автоматизації цього процесу створено спеціального бота, що на основі отриманого тексту або проаналізованої інформації здатен самостійно генерувати текст. Для прикладу SMM-менеджер починає вводити текст на певну тему, а бот продовжує писати його. Машина робить це в 5 разів швидше ніж людський мозок. Вона здатна не лише генерувати текст, але й допомогти з візуалізацією. Слід просто ввести запит у впевнений рядок програмного коду і за зліченну кількість ітерацій користувач отримує картинку того, що йому потрібно. Саме ця функція є надзвичайно корисна для дизайнерів та ілюстраторів текстів [25].

Ілюстрування може застосовуватися в тій самій медицині. Науково доведено, що більшість людей при покупці нових ліків читають лише 7% з листа інструкції до них. За допомогою розробки компанії Neurotrack весь написаний текст можна візуалізувати не лише зображеннями, а й графіками. Як відомо, інформація з відео чи інформаційних картинок набагато краще сприймається нами та краще засвоюється.

2.2 Використання штучного інтелекту в “розумних” теплицях

Тепер опишемо сферу застосування штучного інтелекту в “розумних” теплицях.

Як згадувалось раніше при автоматизації теплиць зазвичай використовуються різні системи підтримки температури, механізми підігріву ґрунту, крапельного зрошування, автоматичне провітрювання та інші технології.

Для прикладу у селі Велика Новосілка (Україна) школярам старших класів вдалось створити власну “розумну” теплицю [26]. Тут присутні всі вищеперераховані системи. Ще у 1960-ті роки на базі території школи було збудовано звичайну теплицю, де вирощувались різні культури в основному для досліджень з біології. І буквально у жовтні 2021 року було представлено модернізовану структуру розробки. Загальна величина фінансування цього проєкту склала 300 000 грн. Сама ж теплиця складається з сенсорів, які контролюють температуру ґрунту, вологість повітря, вміст вуглекислого газу і, звичайно, рівень освітлення.

При порушенні належних параметрів система автоматично корегує увімкнення та вимкнення тих чи інших приладів, які відповідають за ці показники. Теплиця поділена на три зони, основна з яких – це зона наукових досліджень. Тут працює гідропоніка та інші автономні технології, які забезпечують вирощування навіть дуже рідкісних сортів рослин.

Дана теплиця є одною з унікальних не лише для Донецької області, але й для всієї України. Такі винаходи значно спрощують догляд та ріст рослин за допомогою застосування інноваційних технологій. Крім того є можливість постійного проведення дослідницьких робіт. Самі ж учасники проєкту в майбутньому планують монетизувати свою розробку та перетворити її не лише на міні-центр для проведення експериментів, але й на великий бізнес.

Так само яскравим прикладом застосування ШІ в “розумних” теплицях може бути розробка школи ROBOCODE в місті Фастів (Київська область).

Основна ідея проєкту – це автоматизація процесу вирощування рослин в теплицях малих розмірів з подальшою можливістю масштабування [26]. Науковці вважають, що головна проблема при рості культури – це так звана перетримка температури та моніторинг стану вирощуваної рослини. Для контролю цього у роботі з “розумною” теплицею фахівські дослідники використовують наступні функціонали:

- лампи для регулювання температури;
- автоматизовану систему поливу рослин в теплицях;
- а також відображення теплиці в реальному часі (показники вологості, тепла, стану ґрунту певних культур).

В структурі розробки присутні LED-лампи, трансформатор (12 Вт), одноканальні перемикачі, ArduinoUNO, макетна плата, зумер, модуль сенсорів вологості ґрунту, температури, вологості повітря та модуль з фото-резистором (який регулює опір у системі в залежності від збудження показників світлом [27]).

Масштабні досягнення в технології аналітики великих даних, дистанційного зондування, системи підтримки прийняття рішень, інтернету речей та штучного інтелекту значно покращили сільськогосподарську сферу багатьох країн.

Використання безпосередньо штучного інтелекту в “розумних” теплицях має ряд своїх переваг. Саме за допомогою машинного навчання, використання нейронних мереж значно підвищуються прибутки та кількість отриманого врожаю фермерами людьми, які займаються вирощуванням рослин, або ж тих, хто спеціалізується на рідкісних культурах.

Більше того, в Національному Пінгтунському Університеті науки і техніки на кафедрі інженерії та біомехатроніки, вчені розробили методологію для прогнозування певних фізичних параметрів пов'язаних з ростом, фотосинтезом, а також прогнозуванням збору врожаю такої культури як листовий салат [28].

Технологія містить в собі інтегровані можливості та інструменти

штучного інтелекту, нейронних мереж і нечіткої логіки. IoT і система обробки зображень тут використовується для роботи з даними, а точніше щоб збирати екологічні показники.

В той самий час, науковці Центрального інституту сільськогосподарської інженерії в Індії стверджують, що через постійне збільшення кількості населення та відчутний вплив зміни кліматичних умов сільське господарство несе велику відповідальність за збільшення виробництва та темпів роботи. У зв'язку з тим, що багато країн не може дозволити собі розширення сільськогосподарських угідь, єдиним реальним виходом з цієї ситуації є автоматизація ланки виробництва. Розвиток цифрових інновацій, надаючи “розумні” системи, забезпечує моніторинг, контроль та візуалізацію різних операцій на фермі в режимі реального часу. Тут знову ж таки в основному використовуються технології AI та IoT. Об'єднавши дві ланки, на виході можна отримати результати, які значно перевищують людські можливості роботи [28].

Власне сама система, розроблена в Індії, містить декілька взаємопов'язаних технологій на основі інтернету речей і штучного інтелекту.

Самі компоненти – це Beagle, Raspberry Pi та Arduino. Вони здатні ефективно взаємодіяти за допомогою комунікаційного модуля. Єдиний мінус таких компонентів – це обмежена пам'ять обробки, проте вони здатні ефективно передавати зовнішні дані [29]. Це показано на рисунку 1.12.

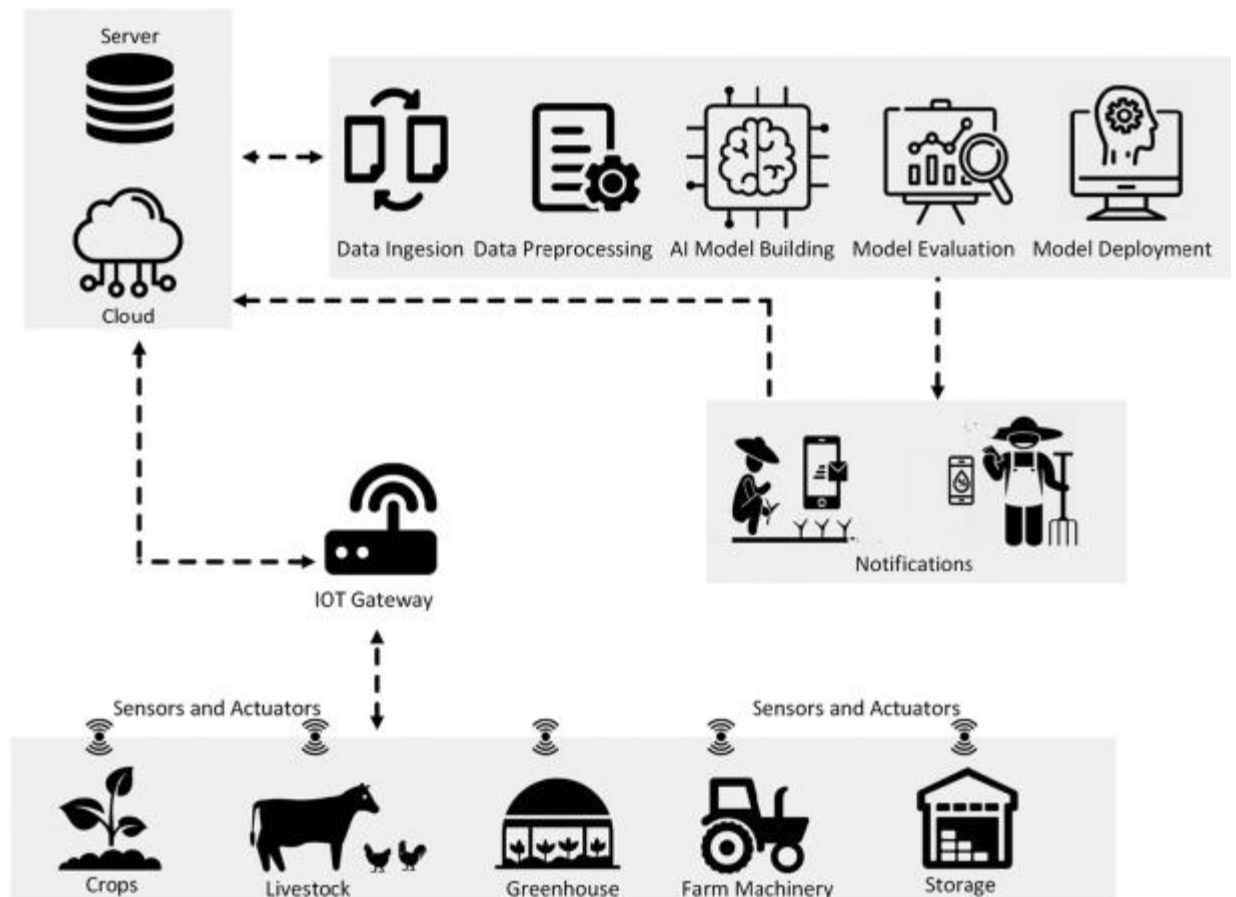


Рисунок 2.1 – Робочий процес штучного інтелекту/машинного навчання для сільськогосподарських рішень

Розберемо детальніше для чого використовуються дані складові.

BeagleBone – це недорога плата, яка презентована для розробників. Вона підходить для людей, які є професіоналами та для простих любителів. Плата підтримує операційну систему Linux та доволі скоро виконує операції. Основна задача розробників BeagleBone – дати користувачам, працюючим з відкритим кодом, базовий набір функцій, що дозволяють продуктивно працювати на базі процесора вмонтованого в плату.

Саме завдяки своїй структурі новітні версії BeagleBone підтримують декілька інтерфейсів. Це основа для проведення експериментів і, так званого, навчання програмуванню процесора. Також BeagleBone підтримує доступ до периферійних пристроїв [30]. Це відбувається завдяки створенню власного програмного та апаратного забезпечення. Разом з цією платою можна

використовувати й інші плати розширення в залежності від задач які ви ставите перед собою.

Raspberry Pi – це фактично комп'ютер, який містить одну плату та розроблений в Британії [31]. Основне його призначення – це забезпечити можливість вивчення та роботу з базовими комп'ютерними навичками для професіоналів і любителів [32].

Він має доволі широке коло використання:

- Настільний комп'ютер з підключенням периферійних пристроїв (його можливостей вистачить для звичайної роботи, проте операції, які потребують потужного процесора будуть даватися із затримками);
 - “Розумне” телебачення (з використанням аналогового кабеля);
 - Музичний програвач при наявності колонок;
 - Сервер для бездротового друку;
 - Бюджетний варіант мережевого сховища;
 - Власне хмарне середовище з допомогою дистрибутивів Raspbian та Debian і спеціального додатку Nextcloud;
 - Маршрутизатор;
 - Веб-сервер для розміщення сайтів;

Модель складається з центрального процесора, оперативної пам'яті, вбудованого Bluetooth, з відносно невисокими електроспоживанням та бездротової локальної мережі. Наявні також контакти для введення та виведення загального призначення. Особливість моделі, яка використовується в даній розробці – це можливість бездротового підключення до точки доступу та здатність розробити бездротову систему [33].

Arduino – це платформа, яка використовує мікроконтролер, для того щоб зробити ти керування теплицею більш гнучким. Arduino працює з відкритим вихідним кодом та середовищем розробки для написання програмного забезпечення.

Загалом учасники стартапів у сфері “розумних” теплиць в основному зосереджується на розробці та реалізації кліматичних умов, які власне

контролюються та керуються різними пристроями на виході. Сенсори на вході та двигуни на виході встановлюються і підключаються до персонального комп'ютера користувача через схему контролера Arduino UNO, що називається збором даних.

Для користувача розробляється спеціальний інтерфейс за допомогою мов програмування (найчастіше це MS Visual Basic) [34] з метою легшого користування.

Дані, які зберігаються на сервері, витягуються з бази у вигляді CSV, Excel, або ж зображень будь-якого формату, відповідно до програми, яка буде їх обробляти далі. Очищення, фільтрація та нормалізація бази забезпечується попередньою обробкою інформації. Для контрольованого алгоритму дані поділяються на прохідні, перевірені та тестовий набір. Після чого до них застосовується алгоритм роботи штучного інтелекту.

Модель, на основі якої будується дослідження, навчається за допомогою спеціально підготовленого набору даних, для перевірки продуктивності чи точності використовуються дані перевірки та тестування. Даному випадку дослідники застосували метод перехресної перевірки. Він показує стабільність моделі [35]. Для перевірки правильності роботи та стійкості також застосовують так звані матриці плутанини.

Описуваний приклад має величезний потенціал. Основна його мета – зробити фермерську практику більш контрольованою та точною за допомогою “розумних” технологій. Також досягнення в цій сфері та застосування новітніх інструментів можуть значно спростити складні завдання з мінімальним ручним втручанням.

Це відноситься не лише до “розумних” теплиць, а й до сільськогосподарської інженерії в загальному. Це показано на рисунку 1.13.

Застосовувати штучний інтелект можна не лише для автоматизації цілого процесу вирощування рослини, а для окремої функції під час її зростання. Наприклад системи зрошування. Сенсори вологості ґрунту, температури та вологості повітря діють як основне джерело даних, які

надходять у систему [35]. Після того формується база даних з інформацією для роботи та навчання моделі.

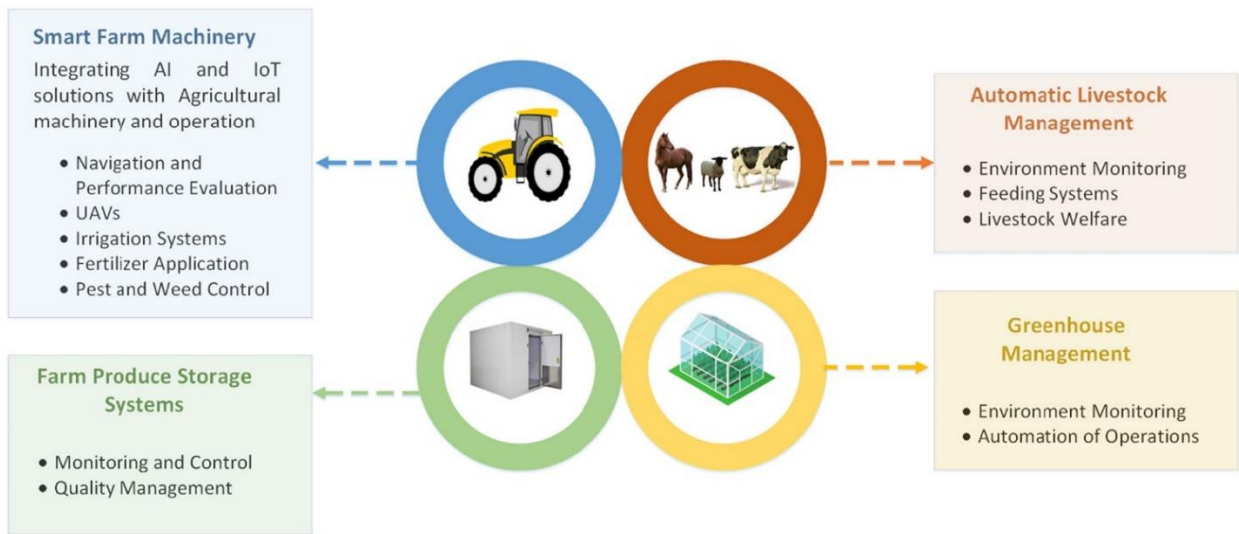


Рисунок 2.2 – Програми для автоматизації сільського господарства на базі AI-IoT.

Після навчання модель можна використовувати як класифікатор невідомих даних бази. Проводити роботу у режимі реального часу можливо завдяки передачі даних із сенсорів через протоколи MQTT. Вони доволі прості в роботі, тому широко застосовуються в таких дослідженнях.

Можна також автоматизувати внесення добрив, оскільки цей процес часто випускають з уваги, а він є надзвичайно важливим для кращого росту та врожайності рослини.

В “розумних” теплицях використовують також бездротові сенсорні мережі з великою кількістю вузлів. Вони дають можливість виявляти, активізувати та передавати інформацію зацікавленим сторонам. Сама структура в більшості випадків складається з підсистем керування даними бездротової сенсорної мережі та базової станції, що відповідає за моніторинг даних. Для зберігання інформації використовують хмарний сервер. Структура такої системи схожа на системи моніторингу на основі IoT. Дані, які збираються, тут доступні на інформаційній панелі до якої отримується

віддалений доступ з будь-якого місця планети.

В Технічному університеті Тайваню використано штучний інтелект та технології інтернету речей для захисту теплиці від заморозків. В даній роботі застосовується також принцип функціонування нейронних мереж.

Самі компоненти, які знаходяться в теплиці, з'єднуються між собою за допомогою інтернету речей. Як і в інших прикладах, дослідники використовували кабелі, сенсори та допоміжні засоби. “Розумних” система, що включає IoT розроблена і впроваджена за допомогою нечіткої асоціативної пам'яті та ANN для контролю і керування наслідками спричиненими морозом. Температура теплиці постійно моніториться та порівнюється із зовнішньою температурою, а прогнозування її відбувається за допомогою нейронних мереж і нечіткого контролю.

Робота в даній сфері є надзвичайно важливою, оскільки саме заморозки – це один із найнебезпечніших агентів здатних пошкодити клітини рослинної тканини [36]. В останні роки III все частіше застосовується для покращення та збільшення темпів виробництва за допомогою самооптимізованих і “розумних” промислових об'єктів [37]. Застосовують також обладнання, ціль якого є задовольняти зростання попиту на продукти харчування [38].

Коли температура повітря досягає позначки 0°C будь-які рідини починають замерзати. При цьому для того щоб визначити ступінь пошкодження тканин посівів беруться зразки культур за схожих температур та порівнюють їх з наявними. Найбільше на тканини в культурах впливає сухий холод та вологість. Саме ці два аспекти призводять до руйнування внутрішньої структури рослини, що піддається впливу.

В роботі [39] стверджується, що останні дослідження в основному орієнтуються на розробку сонячної теплиці на основі теплового накопичувача. Це ще одна технологія збереження від перемерзання. Тепловий накопичувач підвищує температуру всередині розробки за допомогою водяного сонячного нагрівання [40].

Принцип роботи схожий на попередньо розглянуті. Перший крок включає в себе збір даних з метеорологічної станції через бездротовий протокол. Цей процес супроводжується безпечною передачею даних. Сама ж станція побудована на автономному резервному живленні, забезпеченому генератором. Створюється також зовнішня віддалена метеостанція, яка використовується для збору інформації про параметри температури сонячної радіації відносно вологості та інших.

Щоб забезпечити постійний контакт теплицям, розташованим в сільській місцевості або у далеких районах, системи IoT є найкращим варіантом. Безпосередньо в даному прикладі використовується “розумна” стільникова система M2M. Саме ця технологія з точки зору вразливості має стійкість до атак та повністю підтримує умови конфіденційності.

Застосування інтернету речей включає в себе два кроки:

- Інформація про погоду, отримана з метеостанції, об'єднується та передається бездротовими пристроями;
- Здійснюється захист рослини у теплиці за допомогою інтелектуального прогнозування. Тобто відповідно прогнозується та розраховується температура заморозку, а до неї пропонується інтелектуальна методологія антиморозного поливу з використанням математичних моделей.

Щодо загальних методологій, тут їх використовують три:

- Це аналіз даних.

Дані аналізуються за допомогою вбудованого програмного забезпечення. Для збереження бази використовують простий Excel від компанії Microsoft. Нейропроцеси працюють за програмами, написаними на мові програмування C++.

- Збір інформації. Для дефрагментації даних використовується аналізатор синтаксичної лексики. Масиви даних, в свою чергу, зберігаються на SD-карті.

- Перевірка даних;

Таким чином представлена методологія “розумного” землеробства за

допомогою нечіткої системи поливу для збереження тепла всередині теплиці [41].

Нещодавно було запропоновано нову адаптивну техніку для контролю температури теплиці. Переваги цього дослідження в тому, що температурні параметри змінюється дуже точно в залежності від того як теплицю експлуатують. Тут використовуються адаптивні контролери, які вирішують проблему розміщення полюсів та лінійно квадратичного регулювання і використовують швидкісні регулятори [42].

При аналізі та дослідженні температурні показники відбираються багаторазово протягом певного періоду вибірки. Тобто, фактично, завдання зводиться до вирішення задачі дискретного часу. Порівнюючи з іншими методиками непрямого керування слід зазначити, що даний метод – це обчислення контролером постійного посилення, а не отримання спостерігачів стану вихідного зворотнього зв'язку. Ще один плюс – це те, що робота з такими контролерами проводиться з любим ступенем стабільності, а матриці переходів вибираються довільно. Запропонована схема оцінює невідомі параметри таблиці за послідовними даними температури та потужності опалення. Сама стійкість збудження керованої системи забезпечується без припущень щодо неї.

2.3 Розвиток штучного інтелекту в галузі розробки smart-теплиць

Як зазначалося у попередньому розділі, у зв'язку з постійним приростом населення зростає і потреба у продуктах харчування. Це найбільше відноситься до сільськогосподарської і тваринної галузі. Відповідно, для того щоб збільшити виробництво на фермах з кожним днем все частіше і частіше застосовуються новітні технології та автоматизація праці.

Якщо на сьогоднішній день автоматизація виробництва потребує часткової присутності людини, то у майбутньому планується зробити її

абсолютно машино-керованою. Особливий прорив даного наукового дослідження мають “розумні” тепличні системи, які відіграють важливу роль у вирішенні вищенаведених проблем.

Якщо раніше вони були лише частково керовані, то зараз науковці забезпечили такі теплиці не тільки автономним керуванням, але й управлінням на дистанції за допомогою мобільних пристроїв, додатків та технологією bluetooth-зв'язку у разі потреби. Можна керувати охолодженням, вентиляцією, температурою повітря, освітленням знаходячись на відстані від самого об'єкта. Окрім того всі дослідження, які зараз проводяться, розраховані на масштабування. Тобто винаходи та принципи роботи приладів можуть застосовуватися до великих за територією теплиць.

Велика перевага таких теплиць в тому, що в них можна вирощувати овочі та фрукти будь-якої природи незалежно від кліматичних умов за допомогою інтелектуального керування і бездротової системи. Основна мета – це підвищення врожайності рослин. Як правило, в таких таблицях використовують автоматичну систему на основі Arduino та операційної системи Android [41].

В наш час, з розвитком технологій, неминуче, що кожен пристрій який ми використовуємо, може підключитися до інтернету або визначати робочий порядок приймаючи самостійні рішення. Досягнення технології адаптується до “розумних” інновацій, а оновлення здійснюється відповідно до результатів. Тобто це необхідна складова в багатьох сферах [41].

В проєктах “розумних” теплиць, перш за все визначають методіку яка спрямовує роботу системи. Тоді, за допомогою прототипу, роблять все для того щоб контролювати розвиток, ріст та плодоношення рослин. Після чого відбувається процес масштабування дослідження. За допомогою Сенсорів, які використовуються при розробці таблиці можна керувати змінними середовища “розумних” пристроїв. Ці елементи мають можливість з'єднуватися через bluetooth з мобільними додатками, що значно полегшує роботу на дистанції з метою підтримки відсутності локально бути працівнику

на місці.

Матеріали для побудови теплиці можуть бути різноманітними. В основному, зустрічаються одинарні, подвійні матеріали та склопакети для основи. Залежать від конструктивних і функціональних аспектів, які вимагаються.

Моделювання теплиці та теплове оснащення впливають на потребу в охолодженні або опаленні, власне для отримання оптимальних умов експлуатації в різних випадках.

Зараз науковці працюють над витримуванням рослинами в теплиці екстремальних умов середовища. Тобто вони повністю можуть покрити потреби в опаленні в холодному кліматі, використовуючи лише сонячне випромінювання. Якщо його недостатньо, то ця проблема вирішується шляхом додавання деяких джерел опалення та живлення в теплиці при критичних ситуаціях. Для того щоб визначити показники таких умов було проведено декілька досліджень спрямованих на вивчення теплиць у холодному кліматі та збільшення користі сонячної енергії.

Для забезпечення необхідної енергії та підтримки відповідного мікроклімату для рослин на кожному етапі використовується опалення та вентиляція, яка постійно вдосконалюються та використовує нові апаратні складові.

Зараз також працюють над застосуванням системи опріснення морської води для регіонів в яких немає можливості, або ж вона обмежена в отриманні прісної води [42, 43].

2.4 Фізичний опис прототипу smart-теплиці

Сама структура теплиці складається з багатьох рівнів. Це, власне, програмний рівень, фізичний та мережевий. Як згадувалося раніше, попри те, що “розумні” теплиці дають можливість вирішити масштабне коло завдань різного характеру, важливим є дослідження роботи теплиці та аналіз процесів

на всіх рівнях [44].

В першу чергу варто описати фізичний вигляд реалізованого прототипу. Його показано на рисунку 2.3.

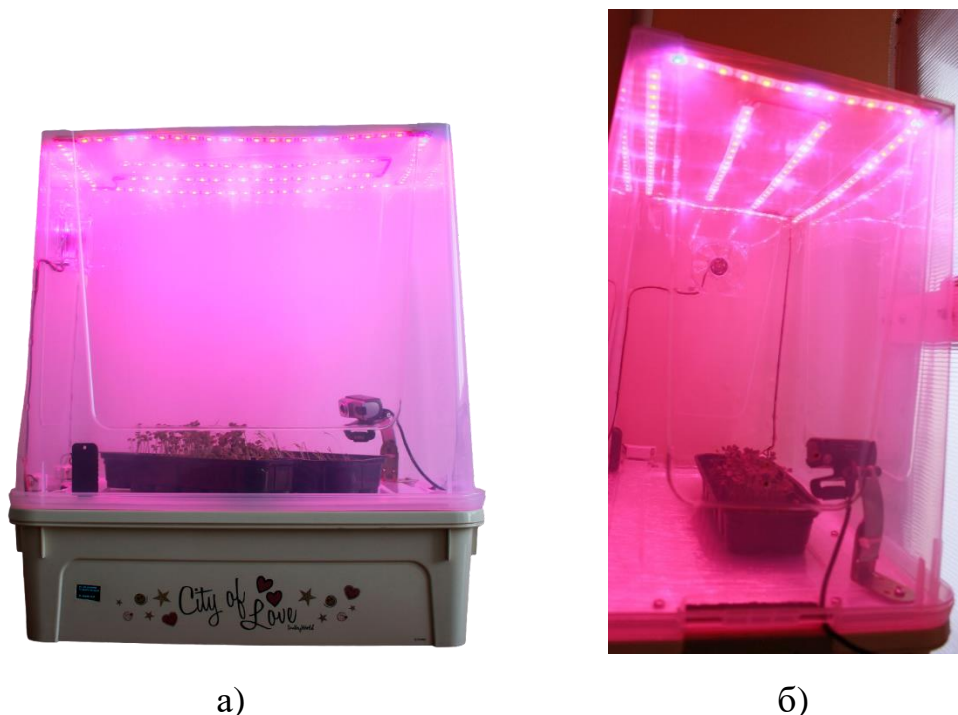


Рисунок 2.3 – Фізичний вигляд “розумної” теплиці (а – вигляд прототипу з переднього боку (з увімкненою LED-лампю; б – вигляд прототипу збоку)

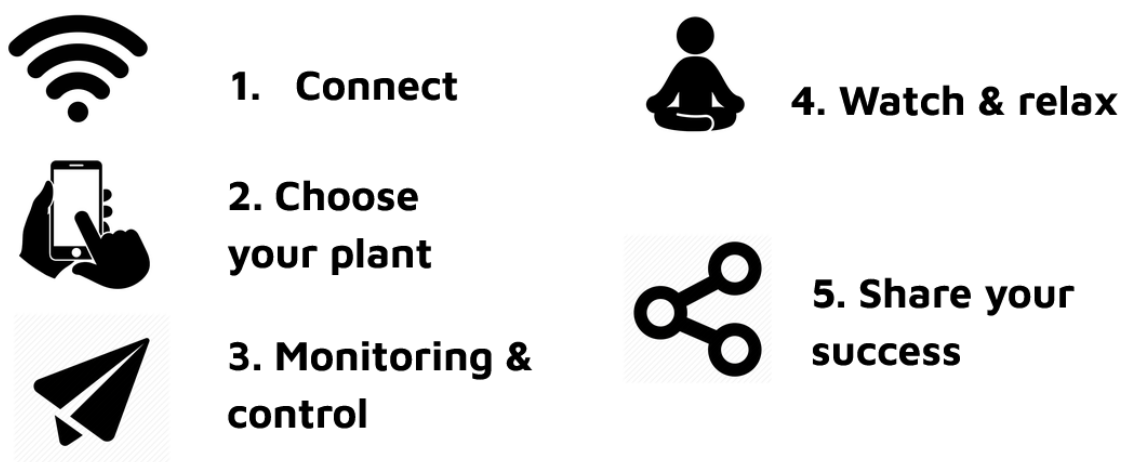


Рисунок 2.4 – Підтримувані можливості прототипу розробки

В свою чергу можливості системи зображено на рисунку 2.4.

Переглянемо ще раз основні функції розробки:

- Першу чергу – це підтримка комфортної температури всередині.

Тут автоматично вмикається режим провітрювання, що забезпечує зниження температури в гарячі дні. В холодну пору провітрювання як правило відсутнє;

- Друге – це полив рослин в чітко зазначений час. В переважній більшості цей процес відбувається автоматизовано і достатньо просто.

"Розумна" теплиця – це концепція фізичного пристрою, яка передбачає вирощування посіяного людиною насіння та автоматично підтримує найбільш сприятливим для конкретної рослини середовище [45].

Всередині конструкції знаходиться лампа, вентилятор, обігрів з автоматичною підтримкою мікроклімату, сенсори, веб-камери для збору інформації, кліматичні контролери, система оповіщення про стан рослини або надзвичайні ситуації та, безпосередньо, ділянка для посіву культур. Всі сприятливі умови забезпечуються згідно з рекомендаціями, сформованими на хмарному сервісі на основі даних про місце розміщення прототипу, види рослин, що вирощуються в ньому та даних, які проаналізовано. Ці дані зібрані з аналогічних рішень та схожих проєктів "розумних" теплиць.

2.5 Сенсори та технічні характеристики теплиці

В першу чергу слід сказати, що технічна сторона – це налаштування прошивки easyESP для роботи з потрібними давачами та передача даних по MQTT на сервер. Також попереднє налаштування вже логіки роботи телеграм-бота, через який всі дані можна було переглянути і керувати поливом/освітленням та іншим параметрами.

На сьогоднішній день програмне забезпечення для easyESP представлено декількома варіантами:

- В першу чергу це програмне забезпечення з вихідним кодом. Як правило цей код контролюється в середовищі ARDUINO IDE

- Другий варіант це готові прошивки для апаратного забезпечення з уже готовими своїм функціоналом.

В цілому в прототипі присутні наступні комбінації сенсорів:

- сенсор температури/вологості/атмосферного тиску BME280;
- сенсор температури/вологості DHT21/22;
 - ємнісний сенсор вологості ґрунту для Arduino (17514);
- сенсор ультрафіолету ML8511 / VEML6070

Також насос для поливу, вентилятор та лампа.

Ці всі сенсори та актуатори (актуатор поливу зокрема) підключені до кількох ESP (моделі NodeMCU ESP-12E та WeMos D1 mini). ESP під'єднуються до Wi-Fi мережі і по MQTT протоколу скидають на сервер Raspberry Pi всі дані.

Протокол MQTT створений для обміну даними на віддалених локаціях, де потрібно невеликий розмір коду, але тут є обмеження пропускну здатності [46].

Обмін даними відбувається за допомогою протоколу MQTT, що заснований на протоколі транспортного рівня TCP і реалізує модель publish-subscribe. Його перевагою є мала надмірність, що є критичним для вбудованих пристроїв малої потужності та обмеженої пропускну здатності мережі. У даній інформаційній системі хмара – це сукупність сервісів, що доступні через мережу Інтернет, які забезпечують прийом, зберігання та обробку даних, отриманих за протоколом MQTT. Зберігання даних у хмарі відбувається у двох типах баз даних:

- SQL для зберігання статичних даних про користувача, налаштувань SGB.
- Elasticsearchserver [47] для зберігання та подальшого машинного навчання на основі аналітичних даних отриманих із давачів. Також хмара буде мати власний Application Program Interface (API) для взаємодії з веб-додатком, який дублює функціонал телеграм-боту та додатково візуалізує аналітичні дані у вигляді графіків у реальному часі з кроком до 1 хвилини.

Raspberry pi – це свого роду комп'ютер, який виглядає як маленька плата. Створений з метою програмування якомога ширшим числом студентів та спеціалістів [48].

В даному випадку на Raspberry Pi сервері було встановлено:

- MQTT-брокер;
- Node-RED – це інструмент/фреймворк для візуального програмування, в якому встановлено пакети для створення телеграм бота, роботи з MQTT протоколом і через нього побудована вся логіка роботи теплиці;
- Grafana - для збору і аналізу даних від усіх сенсорів, актуаторів і всіх інших даних, які приходять по MQTT. Графіки роботи системи показано на рисунку 2.5.

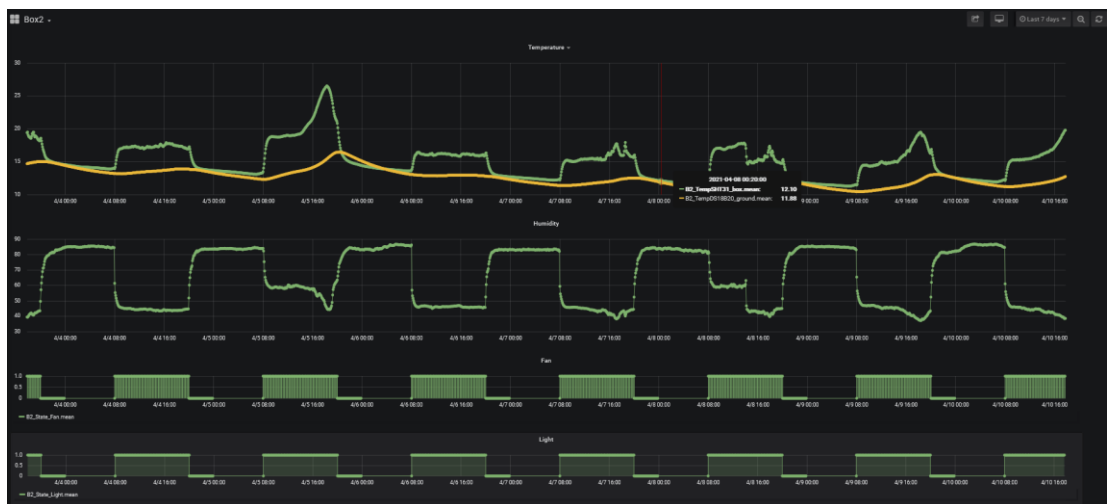


Рисунок 2.5 – Графіки температури, вологості, провітрювання та освітленості системи

Слід виділити Node-RED. Оскільки в даній роботі це основа всього.

2.6 Опис методики дослідження

Навчання нейронної мережі починається з підготовки матеріалів. Цими матеріалами, як правило, є розмічені зображення об'єктів, тобто в даному

випадку – фотографії, які необхідно буде розпізнавати. Саме за допомогою них відбувається тренування нейронної мережі. Фактично, в такий спосіб вчимо НМ аналізувати, що саме зображено на фото та в якому стані перебуває той чи інший об'єкт. Проте для того, щоб мати ці «навчальні дані» в такому вигляді, який вимагається, необхідно сформувати так своєрідну базу даних.

Так звані «сирі» дані – це велика вибірка фотографій, зроблених інтервально за допомогою веб-камери в конкретному боксі. Як це виглядає на самому початку показано на рисунку 3.

У ролі вхідних даних є набір назв фотографій з камери, самі фото рослин (відносно вигляду на фото можна вносити дані про стан рослини, фазу росту, в якій вона перебуває, норму води та відповідність температури), назви боксів, в яких розміщуються рослини, температуру в кімнаті, де перебуває експериментальна розробка, температуру на вулиці (тобто за межами приміщення, кімнати, будинку), температуру землі для рослин і температуру в самій експериментальній коробці з рослинами.

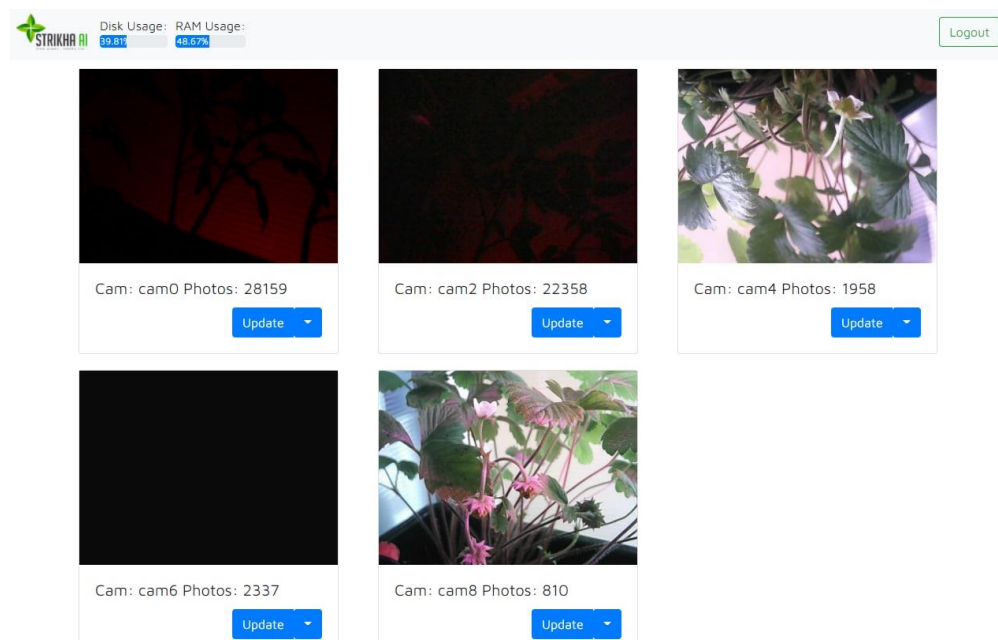


Рисунок 2.6 – Об'єкти навчання для формування бази даних

Короткі характеристики рослини – це зазначені дані відносно того, чи вона добре освітлена, чи достатньо полита, чи листочки тягнуться вгору чи

навпаки в'януть і т. д. Деякі з них подано нижче:

- Temp_outside.
- Temp_room.
- Temp_box.
- Temp_ground.
- Is_fito_lamp_on.

Для реалізації процесу тренування використовується такі інструменти:

- Anaconda – це розповсюджена платформа на Python для обробки даних. Платформа включає в себе колекцію близько з 200 пакетів з відкритим кодом і оптимізацією Intel MKL.

Платформа спеціалізується на «наукових обчисленнях» (scientific computing): наука про дані, застосування методів машинного навчання, широкомасштабна обробка даних, прогнозна аналітика тощо. Використання платформи передбачає спрощене управління пакетами та їхнього розгортання [49];

- Anaconda Navigator – це графічний інтерфейс користувача настільних комп'ютерів, що входить у дистрибутив Anaconda і дозволяє користувачам запускати пов'язані програми та керувати пакетами, середовищами чи каналами Conda без використання командного рядка.

- Conda — вільно та відкрито розповсюджуваний крос-платформний та безвідносний до мови програмування (language-agnostic) менеджер пакетів та система управління середовищем Anaconda, яка встановлює, запускає та оновлює пакети та їхні залежності. Від початку створений для програм на Python, сьогодні може пакувати та розповсюджувати програмне забезпечення для дуже широкого переліку мов.

- Python — це одна з найпотужніших та найпоширеніших мов програмування, якою доволі легко оволодіти без особливих навичок. Вона має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід з точки зору об'єктно-орієнтованого програмування [50].

Важливо також те, що перелік існуючих бібліотек Python дає широкий

спектр інструментів для вирішення задач пов'язаних із створенням штучного інтелекту та аналізу даних. З їх допомогою інженери та вчені можуть значно простіше справлятися із задачами аналізу зображень, тексту та візуалізувати проаналізовані дані.

Також Python успішно використовується для реалізації Географічних Інформаційних Систем (GIS): картографія, геолокація, та GIS програмування.

Зазвичай, перевагою мови Python над спеціалізованими мовами, створеними науковцями для науковців, є те, що програмісти можуть значно легше займатись більш науковими задачами не вивчаючи щоразу окремої мови. Також, користуючись мовою Python клієнт зможе простіше інтегрувати рішення наукової задачі із практичними цілями для самого проєкту. Тому, якщо виникає потреба в наукових обчисленнях чи аналізі даних – слід першочергово звернути увагу саме на цю мову програмування.

Під час розробки програми основні пакети, які застосовуються це:

- Pandas — одна з Python бібліотек, що працює з табличними даними та володіє технологіями для їхньої оптимальної обробки. У бібліотеці вводяться два основні поняття, які описують структури даних у ній:

- DataFrame — об'єкт даних, який найкраще уявляти у формі звичайної таблиці, тому що він є табличною структурою даних.

- Series — об'єкт, подібний на одномірний масив (прикладом може виступати список в Python), але відмінністю його є наявність асоційованих міток, або так званих індексів, уздовж кожного елемента зі списку. Така особливість перетворює його в асоційований масив або словник Python.

- Бібліотека Fast.AI — це програмна надбудова верхнього рівня над пакетом Pytorch для мови Python. Всі ці конструкції задумані для полегшення створення програмних моделей глибоких нейронних мереж. Бібліотека Fast.AI використовує найкращі методи і підходи. На даний момент вона володіє великим колом можливостей [51].

- NumPy — бібліотека мови Python для роботи з багатовимірними масивами даних. Як правило, ці масиви індексуються додатними цілими

числами. Дані, з якими працює бібліотека, є гомогенними. Що це означає? Гомогенність даних дає змогу значно оптимізувати роботу в порівнянні з стандартними списками мови [52].

- `Scikit_Learn` – ще одна бібліотека машинного навчання програмного забезпечення для мови програмування Python. Вона тісно пов'язана з попередньою бібліотекою, оскільки саме `Scikit_Learn` в основному, як вхідні дані приймає масиви `NumPy`.

Тут наявна чимала кількість різних команд для роботи, які було використано у дослідженні. Наприклад, для читання файлу з розміткою даних використовується команда `pd.read_excel`. Після цього перетворюємо назви файлів у шлях до них на диску.

Згодом відфільтруємо файли, оскільки для роботи потрібні лише ті, які є на диску.

Переходимо до методу, який для цієї цільової змінної (`label_name`) тренує модель на основі архітектури `ResNet34` (`ResNet` – це скорочена назва для `Residual Network` (див. рисунок 2.6).

Детальніше про `ResNet`, або залишкову нейронну мережу. Це штучна нейронна мережа (`ANN`), така, що будується на конструкціях, відомих з пірамідальних клітин кори головного мозку.

Залишкові нейронні мережі роблять це за допомогою пропускних з'єднань або ярликів для переходу через деякі шари. Типові моделі `ResNet` реалізовані з двошаровими або тришаровими пропусками. Вони містять нелінійності та пакетну нормалізацію між ними.

За допомогою команди `train_model_for_label` («`label_name`») можна побачити роботу алгоритму тренування для конкретних міток.

```
[65]: tfms = get_transforms()

[66]: def train_model_for_label(label_name):
    print(f"Selecting features for {label_name} classifier...")
    df[label_name] = df.labels.apply(partial(get_label_value,
    ↪label_name=label_name))
    data = df[['image_path', label_name]]
    print(data.head())
    print(data[label_name].value_counts())
    print(f"Creating databunch...")

    bunch = ImageDataBunch.from_df(Path("./images/"), data, bs=BATCH_SIZE,
    ↪valid_pct=0.05, ds_tfms=tfms)
    bunch.show_batch(ds_type=DatasetType.Valid)
    print(f"Starting training...")
    model = cnn_learner(bunch, base_arch=models.resnet34, metrics=accuracy)
    model.fit_one_cycle(4)
    model_file = f"clf_{label_name}_0"
    model.save(model_file)
    print(f"Saved weights in {model_file}")
    interpretation = model.interpret()
    interpretation.plot_confusion_matrix(4)
```

Рисунок 2.6 – Синтаксис методу тренування моделі

В подальшому синтаксис створюється для кожної мітки окремо.

2.7 Висновок до другого розділу

В другому розділі магістерської роботи було розглянуто можливості штучного інтелекту в рамках сучасних технологій, дослідження науковців, автоматизацію побутових процесів, поєднання інноваційних технологій з сучасним життям людини. Також розглянуто основні аспекти використання штучного інтелекту в “розумних” теплицях. Оскільки дуже важливим є фактор розвитку штучного інтелекту саме в сфері smart-теплиць. Описано рішення розроблені для вирішення різноманітного кола задач.

Дальше перейшли до опису прототипу дослідження. Спочатку це фізичний опис, включно з зображенням його. Розглянуто функціонал “розумної” теплиці.

Після того наявний опис сенсорів, які забезпечують моніторинг показників всередині розробки, разом з детальним вказанням їх марок і моделей, а також інших складових. Вказано принцип роботи системи з технічної сторони. Детально розглянуто безпосередньо об’єкти дослідження

для подальшої роботи з нейронною мережею і програмним середовищем для навчання і тренування системи.

3 ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОТОТИПУ ТА ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

3.1 Інформаційна складова

В основні етапи роботи входить в першу чергу процес тренування нейронної мережі по окремих, описаних вище мітках.

Спершу наведемо лістинг тренування мережі по мітці освітленості, виходячи з бази даних фотографій з маркуванням. Це подано нижче на рисунку 3.1. Метод, який для даної цільової змінної (`label_name`) тренує модель на основі претренованої архітектури ResNet34, а також інтерпретує результати моделі і виводить метрики на тестовому наборі даних (він береться шляхом відкладення 5% існуючих даних).

Як відомо чим глибшою є нейронна мережа, тим складнішим є процес її навчання. Для того щоб полегшити цей процес із збільшенням глибини використовують структуру залишкового навчання. Суть цього методу полягає в переформуванні шарів для навчання як залишкових функцій з посиланням на вхідні дані, замість того щоб вивчати абсолютно нові функції. Перевагою методу є те, що такі залишкові мережі легко оптимізувати і вони не втрачають точність із збільшенням глибини.

Тут використовується попередньо підготовлена модель. Така модель спершу навчається на певному наборі даних, які містять свої вагові коефіцієнти та зміщення. Для роботи описаної в дипломному проєкті модель навчалася на попередньо розміченому наборі даних зображень рослин. Вона містить вивчені функції, наприклад, такі як положення пікселів або певні лінії зображень.

Попередньо навчені моделі є корисні тим, що при роботі вже з самою системою можна зекономити час та ресурси на обчислювальні процеси і виведення нових функцій [53].

```
[67]: train_model_for_label("light")

Selecting features for light classifier...
      image_path      light
0  box2_photos/old-data/20190816114000-snapshot.jpg  light_norm
1  box2_photos/old-data/20190816120000-snapshot.jpg  light_norm
2  box2_photos/old-data/20190816122000-snapshot.jpg  light_norm
3  box2_photos/old-data/20190816124000-snapshot.jpg  light_norm
4  box2_photos/old-data/20190816130000-snapshot.jpg  light_norm
light_norm      1162
light_low        482
Name: light, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...

<IPython.core.display.HTML object>

Saved weights in clf_light_0
<IPython.core.display.HTML object>
```

Рисунок 3.1 – Тренування мітки освітленості

Як результат отримуємо на фотографіях вже мітки самої нейромережі, яка визначає, відфільтровуючи зображення, де світла достатньо, а де замало. Це показано на рисунку 3.2.

Звідси видно, що зображення а, г, е, ж, и, і – вона ідентифікує, як ті, де недостатньо освітлення, попередньо аналізуючи його. А фотографії б, в, г, д, є, з, ї, й – позначаються як зображення, на яких достатньо для рослини світла. При недостатку світла нейронна мережа позначає фотографію міткою `light_low`, а при наявності необхідної кількості його фотографія отримує мітку `light_norm`.

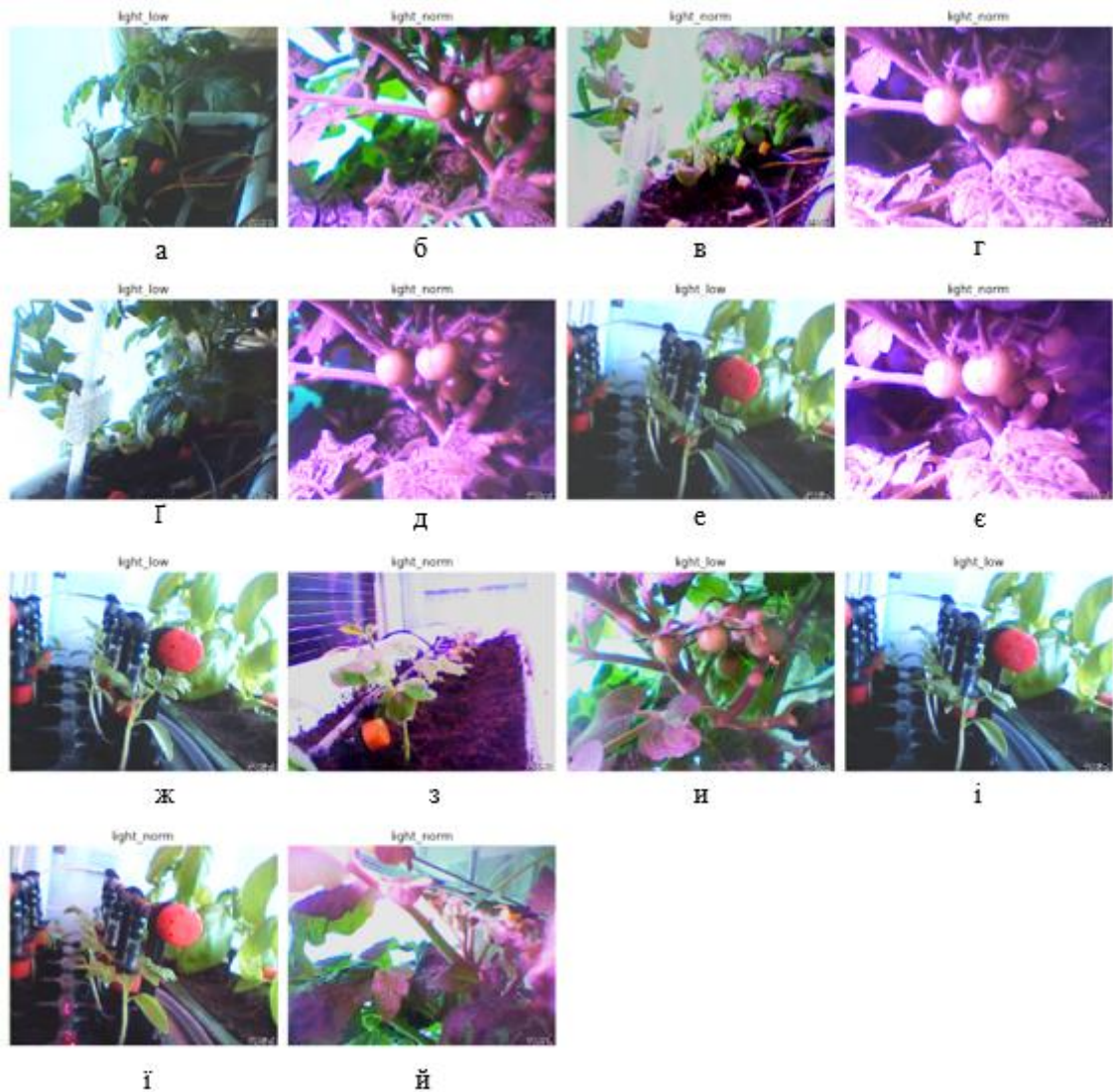


Рисунок 3.2 – Мітки нейронної мережі для графічних об’єктів (а, г, е, ж, и, і – позначаються як ті, де недостатньо освітлення; б, в, г, д, є, з, ї, й – позначаються як зображення, на яких достатньо світла)

Також результатом є так звана матриця плутанини.

Матриця плутанини (або Confusion matrix) показує наскільки достовірно проводиться процес тренування. Діагональні елементи представляють кількість точок, для яких передбачувана мітка дорівнює справжній мітці, а поза діагональними елементами – ті, які неправильно позначаються класифікатором.

Аналізуючи матрицю на рисунку 3.3, видно: оскільки діагональні

елементи близькі до одиниць, а бокові до нулів, то якість роботи нейронної мережі є задовільною, а тренування проведено коректно.

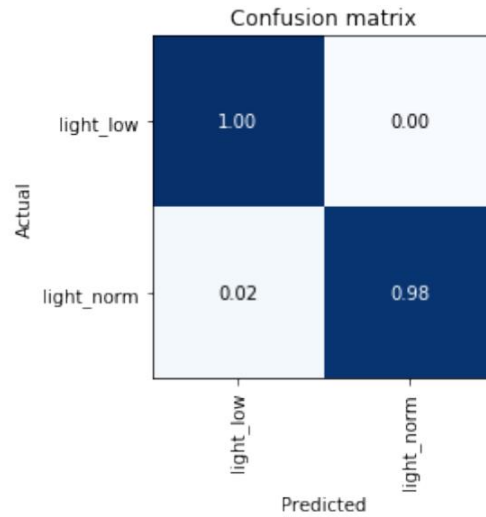


Рисунок 3.3 – Матриця плутанини для колонки освітленості

Нейронна мережа проводить тренування по кожній мітці із раніше зазначених. Наступна мітка – це стан листочків вирощуваної рослини на графічних зображеннях. Мітка показує на якій стадії рослина знаходиться. Тобто чи це листки вже дорослої рослини, яка може плодоносити, чи ще лише пагінці (або культура на стадії росту). Код для тренування наведено нижче на рисунку 3.4.

```
[68]: train_model_for_label("stage")
```

```

Selecting features for stage classifier...
      image_path      stage
0  box2_photos/old-data/20190816114000-snapshot.jpg  stage_growing
1  box2_photos/old-data/20190816120000-snapshot.jpg  stage_growing
2  box2_photos/old-data/20190816122000-snapshot.jpg  stage_growing
3  box2_photos/old-data/20190816124000-snapshot.jpg  stage_growing
4  box2_photos/old-data/20190816130000-snapshot.jpg  stage_growing
stage_adult      1206
stage_growing    438
Name: stage, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...

<IPython.core.display.HTML object>

Saved weights in clf_stage_0

<IPython.core.display.HTML object>

```

Рисунок 3.4 – Код тренування мітки стану рослини

І як результат отримуємо вже промарковані нейронною мережею фотографії. Це показано на рисунку 3.5. А також матрицю плутанини для мітки стану на рисунку 3.6.

З рисунку 3.5 видно, що а – це єдина фотографія, позначена нейронною мережею, як та, на якій рослина знаходиться на стадії росту. Вона отримала мітку `stage_growing`. В свою чергу б, в, г, ґ, д, е, є, ж, з, и, і, ї, й позначаються міткою `stage_adult` і показують, що зображення містять вигляд уже дорослої рослини.

В даному випадку, також видно з елементів матриці, що тренування мережі є якісним і достовірним. Оскільки діагональні елементи відповідно рівні одиницям, а бокові нулям, то це тренування можна назвати ідеальним.

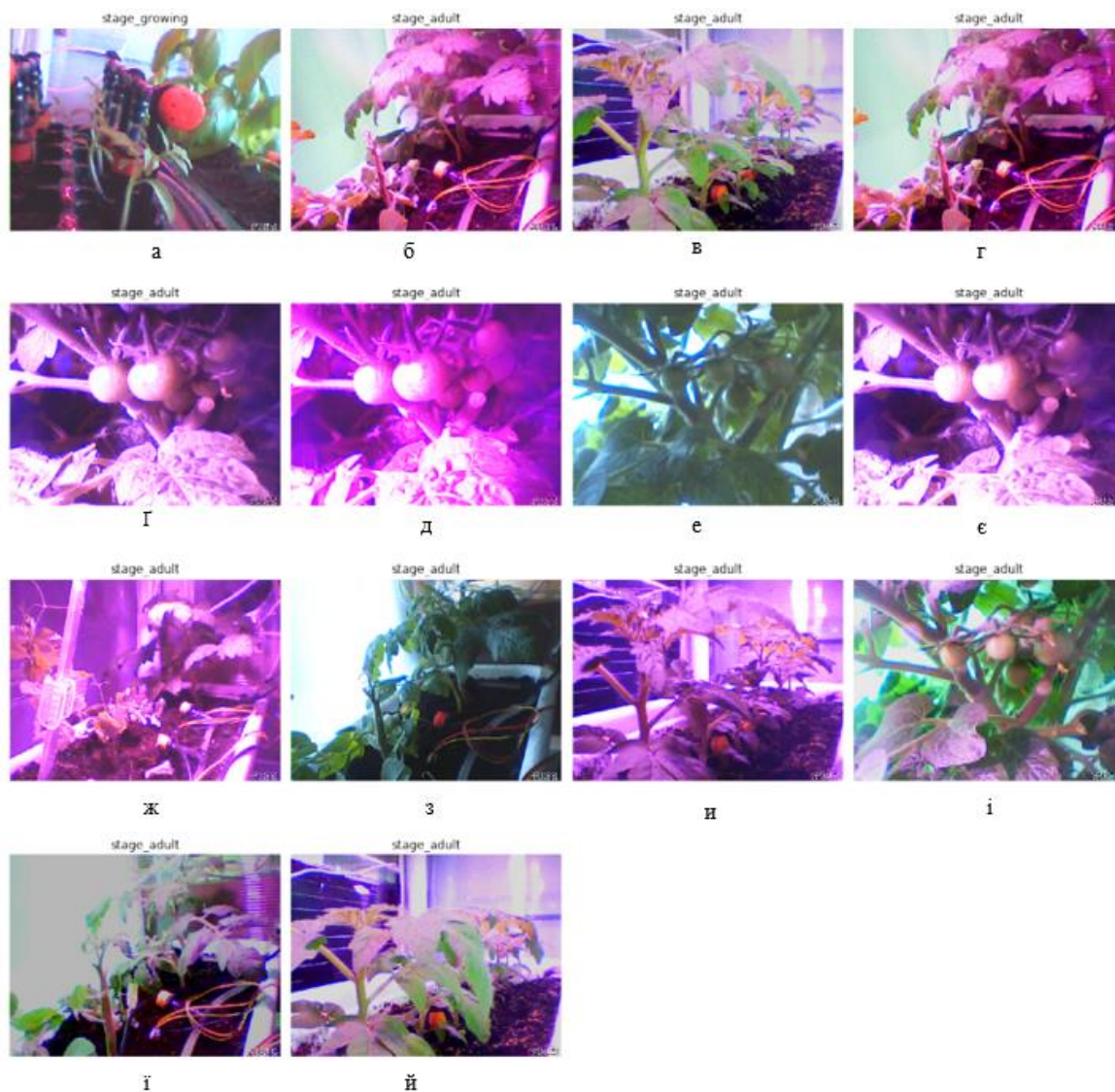


Рисунок 3.5 – Мітки нейронної мережі для графічних об’єктів стану рослини (а – позначається нейронною мережею, як зображення, де рослина знаходиться на стадії росту; б, в, г, г, д, е, е, ж, з, и, і, ї, й – позначається, як зображення з уже дорослою рослиною)

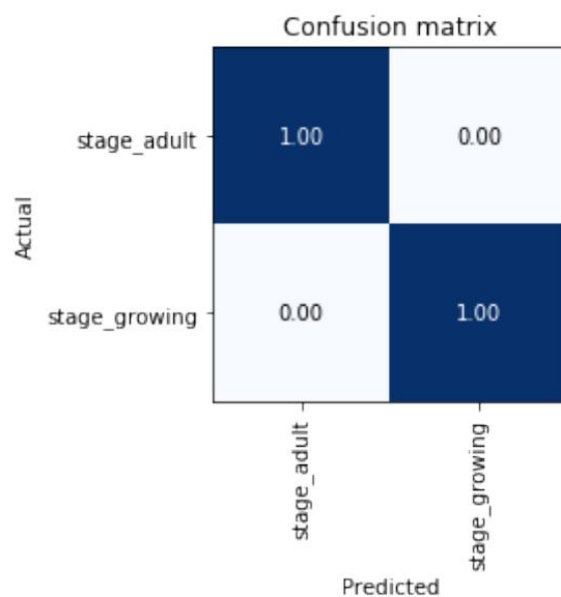


Рисунок 3.6 – Матриця плутанини для мітки стану рослин

Наступна мітка – це вологість. Достаток води в середовищі вирощування залежить від положення листочків рослини. Якщо вони опущені вниз, то це означає, що недостатньо вологості, якщо ж навпаки в нормальному розміщенні, значить води достатньо. На рисунку 3.7 подано код тренування нейронної мережі для цієї мітки.

```
[69]: train_model_for_label("humidity")

Selecting features for humidity classifier...
           image_path      humidity
0  box2_photos/old-data/20190816114000-snapshot.jpg  humidity_norm
1  box2_photos/old-data/20190816120000-snapshot.jpg  humidity_norm
2  box2_photos/old-data/20190816122000-snapshot.jpg  humidity_norm
3  box2_photos/old-data/20190816124000-snapshot.jpg  humidity_norm
4  box2_photos/old-data/20190816130000-snapshot.jpg  humidity_norm
humidity_norm      1381
humidity_low        263
Name: humidity, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...

<IPython.core.display.HTML object>

Saved weights in clf_humidity_0
<IPython.core.display.HTML object>
```

Рисунок 3.7 – Код тренування нейронної мережі для показника вологості.

Як результат знову ж таки маємо вже промарковані нейронною мережею графічні зображення. Це показано на рисунку 3.8. А Confusion matrix для мітки вологості в середовищі на рисунку 3.9.

В цьому випадку отримуємо діагональні елементи рівні 0.94 та 0.98, а бічні 0.02 та 0.06 відповідно, що також задовольняє умови тренування, оскільки 0.94 близьке одиниці та 0.98 також.

На рисунку 3.8 видно, що а, б, в, г, е, ж, і, ї, й – позначають зображення, де вологість в теплиці є нормальною. Такі фотографії отримують мітку humidity_norm. А фотографії г, д, є, з, и – показують ті графічні зображення, де рослина отримує занадто мало води та вологи. Такі зображення отримують мітку humidity_low нейронною мережею.

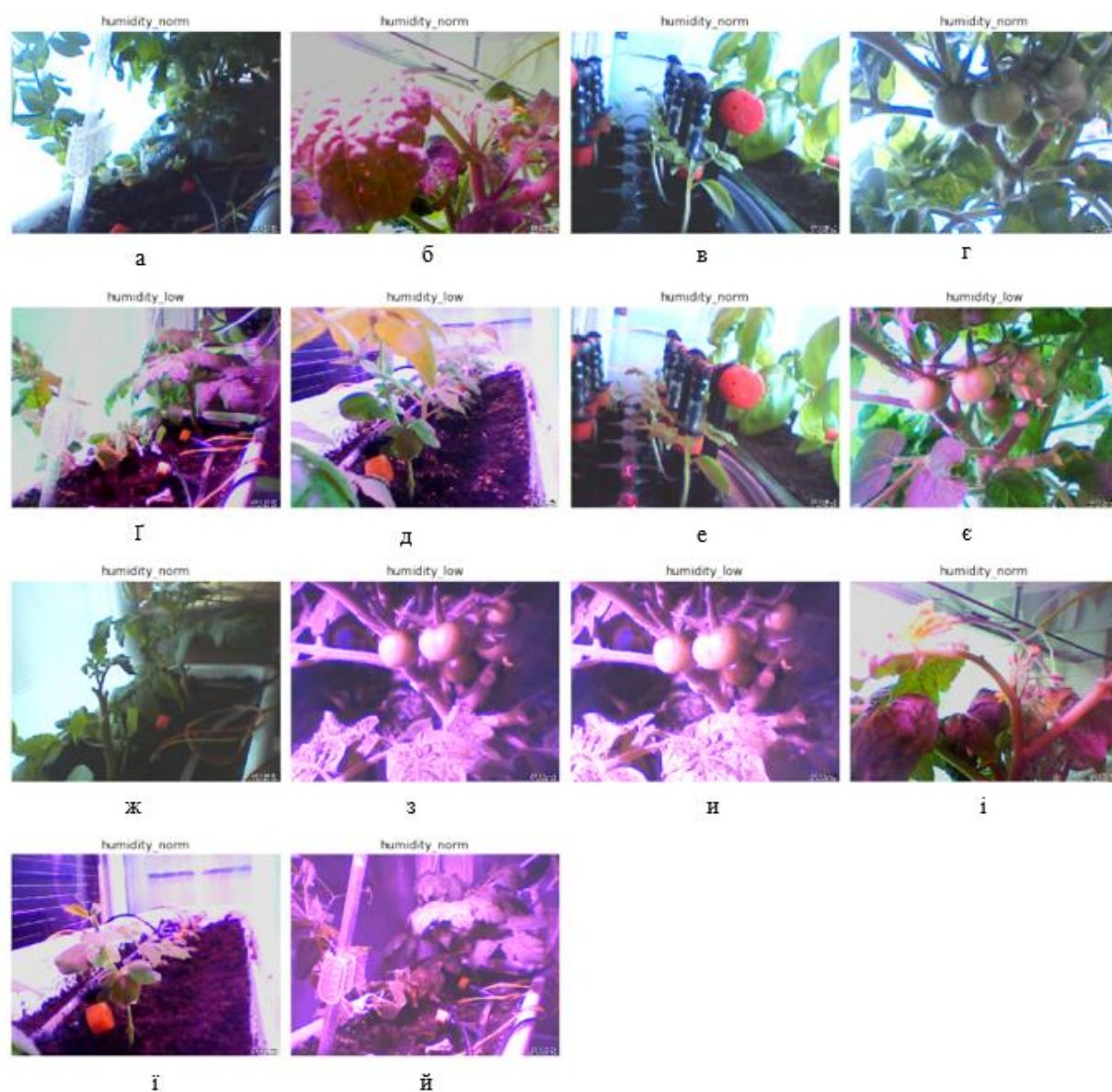


Рисунок 3.8 – Мітки нейромережі для значень вологості (а, б, в, г, е, ж, і, ї, й – позначають зображення, де вологість є нормальною; г, д, є, з, и – позначають ті фотографії, де рослина отримує недостатньо зрошення)

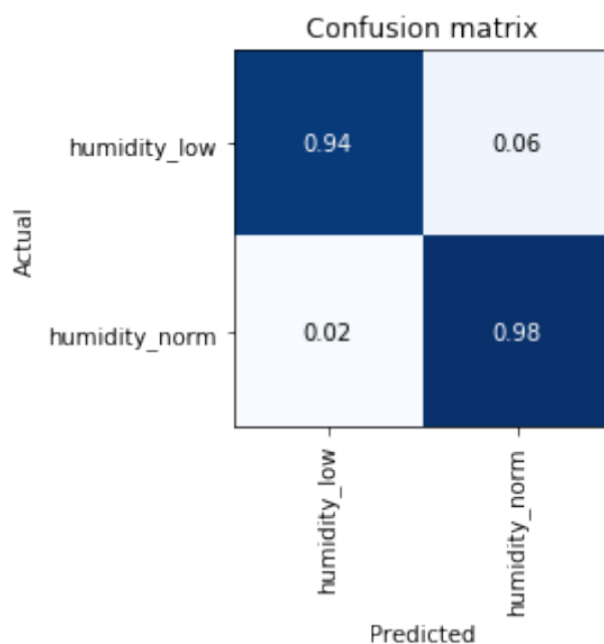


Рисунок 3.9 – Confusion matrix для мітки вологості в середовищі вирощування культури

І остання четверта мітка для якої код тренування подано на рисунку 3.10 – це положення листочків рослини.

```
[70]: train_model_for_label("leaflets")
```

```
Selecting features for leaflets classifier...
      image_path      leaflets
0  box2_photos/old-data/20190816114000-snapshot.jpg  leaflets_up
1  box2_photos/old-data/20190816120000-snapshot.jpg  leaflets_up
2  box2_photos/old-data/20190816122000-snapshot.jpg  leaflets_up
3  box2_photos/old-data/20190816124000-snapshot.jpg  leaflets_up
4  box2_photos/old-data/20190816130000-snapshot.jpg  leaflets_up
leaflets_up      955
leaflets_down    689
Name: leaflets, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...
<IPython.core.display.HTML object>

Saved weights in clf_leaflets_0
<IPython.core.display.HTML object>
```

Рисунок 3.10 – Тренування нейронної мережі для мітки положення листочків

Результати роботи алгоритму показано на рисунку 3.11 та рисунку 3.12 відповідно. Матриця по діагоналі має відмінні від одиниці значення, проте доволі близькі (це число 0.97 та 0.90), це аналогічно є показником високої якості виконання алгоритму.

Щодо міток отриманих нейронною мережею, то а, б, г, г, д, є, ж, з, ї – зображення, які показують рослину з піднятими вгору листками. Вони отримують позначку leaflet_up. А фотографії в, е, и, і – показують ті фотографії де в культури опущені листки вниз і відповідно мають мітку leaflet_down.

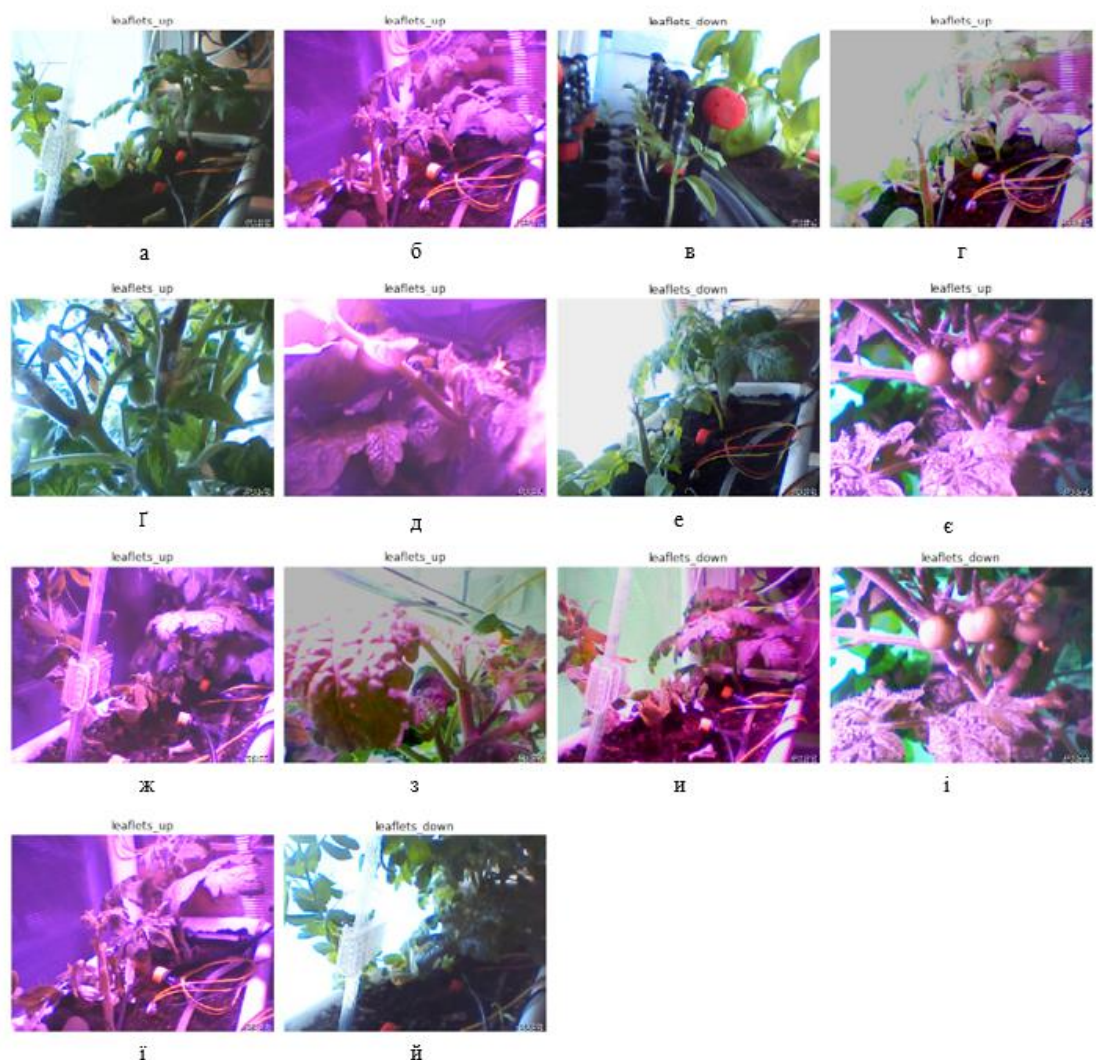


Рисунок 3.11 – Мітки нейронної мережі для значень положення листочків рослини (а, б, г, г, д, є, ж, з, ї – зображення містить рослину з піднятими вгору листками; в, е, и, і – показує, що на фотографії в рослини листки опущені вниз)

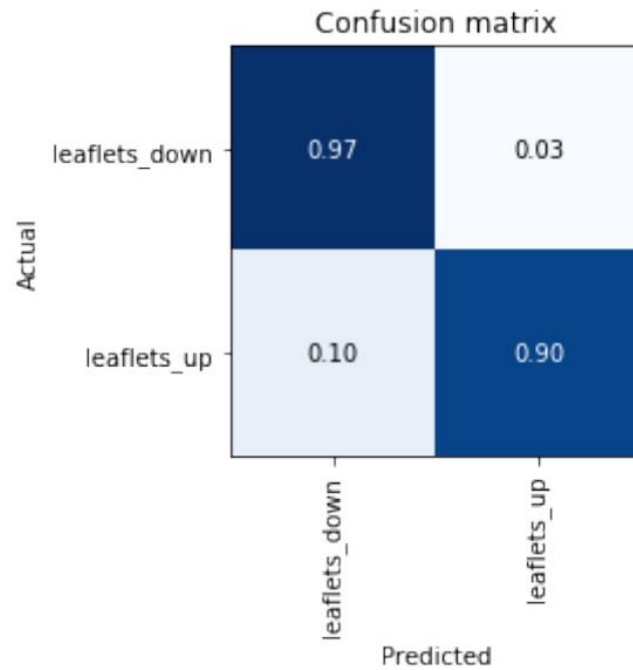


Рисунок 3.12 – Confusion matrix для мітки положення листочків

Слід зазначити, що сам алгоритм показує спосіб класифікації зображень. Тобто якщо орієнтуватись, наприклад, на характеристику освітлення, то він виділяє найбільш контрастні в цьому плані знімки і розбиває на певні групи. Це забезпечує кращу роботу мережі в майбутньому.

3.2 Алгоритм роботи “розумної” теплиці

Для того, щоб показати процес контролю температури в теплиці подана блок-схема на рисунку 3.13.

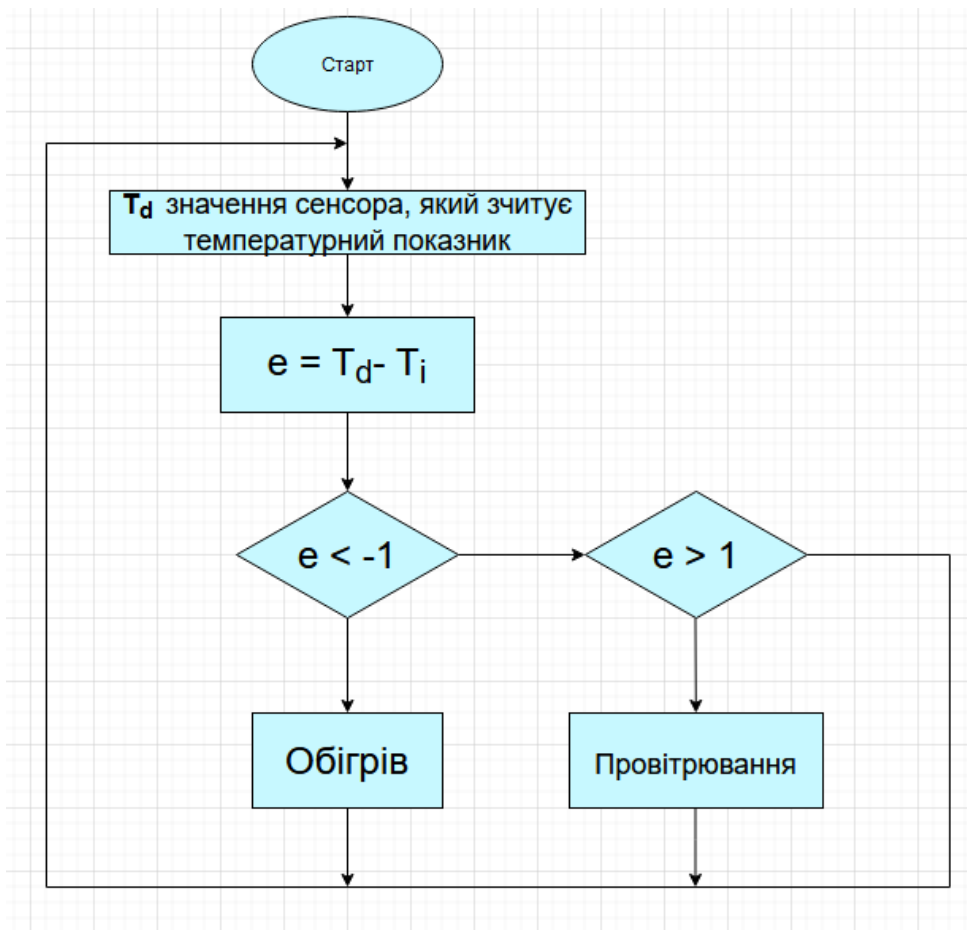


Рисунок 3.13 – Процес контролю температури в “розумній” теплиці

З рисунку 3.13 видно, що виходячи з температурного показника T_d (значення сенсора, що зчитує температурний показник в момент часу) обчислюється значення e , яке напряду впливає на подальші дії приладів теплиці. Використовуючи формулу (3.1) знаходимо значення похибки e .

$$e = T_d - T_i \quad (3.1)$$

де T_i – це бажане значення температури для комфортного росту і розвитку рослини. Якщо $e < -1$, то відповідно вмикається обігрів. Так як середовище є занадто холодним, якщо $e > 1$, вмикається вентилятор, оскільки при температурі вище допустимої рослина загине.

Опишемо також принцип роботи крапельного поливу в залежності від вимірювання вологості ґрунту за допомогою графічного подання. Це

демонструє рисунок 3.14.

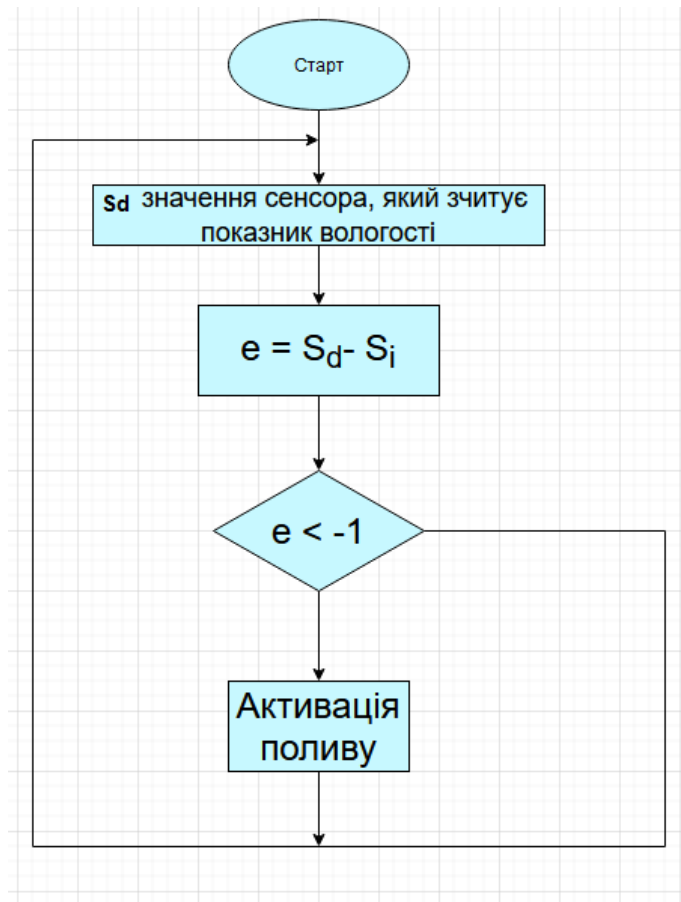


Рисунок 3.14 – Процес контролю вологості ґрунту в теплиці

Виходячи з рисунку 3.14 блок-схеми видно, що за формулою (3.2) обчислюється значення різниці виміряної вологості та бажаної, де S_d - це значення вологості зняте з показів сенсора, а S_i відповідно необхідна вологість середовища.

$$e = S_d - S_i \quad (3.2)$$

Якщо це значення є від'ємним, то автоматично активується полив, так як ґрунт в теплиці недостатньо зрошений.

Використовуючи сенсор фотоелемента, вимірюємо світло всередині теплиці і досягнемо бажаної кількості світла за допомогою нечіткої системи. Процес керування світлом показаний на рисунку 3.15. Різниця між наявним і

оптимальним освітленням полягає в тому, що вхідний і ширина імпульсу змінюється як вихід нечіткої системи.

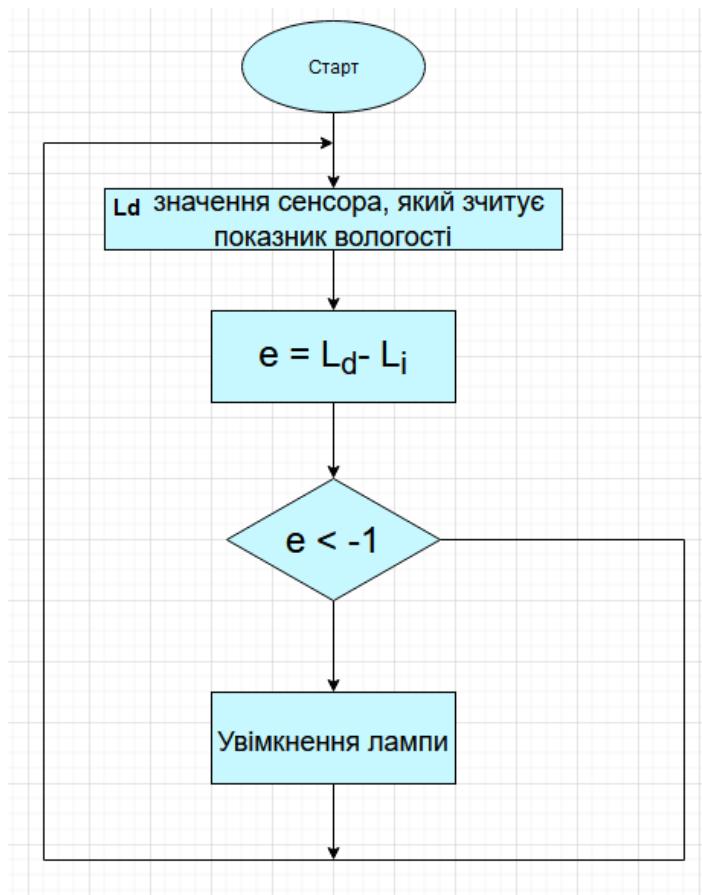


Рисунок 3.15 – Контроль освітленості в теплиці

Тут знову ж таки все залежить від показника e , який показує різницю між бажаним показником освітленості та присутнім в певний момент часу рівнем. Він обчислюється за формулою 3.3.

$$e = L_d - L_i \quad (3.3)$$

Тут L_d знятий із сенсора показник, а L_i бажаний. Якщо світла відповідно недостатньо, то вмикається лампа, якщо ж $e > 1$, тоо лампа залишається вимкненою.

3.3 Фільтрація зображень

Фільтрація зображень та її методи є одним з ключових моментів роботи. Під час передачі графічних елементів по каналах зв'язку, або ж на етапі формування їх більшість зображень піддається впливу різних шумів. Для того щоб уникнути спотворень на етапі сегментації та розпізнавання використовуються різні методи. Спершу виділимо основні види, які спричиняють неточності зображення [54].

Загалом є два основних:

- Адитивний білий гаусів шум. Один із видів білого шуму, який характеризується нормальним розподілом та значенням амплітуди і адитивним впливом на сигнал [56]. Такий шум зазвичай поширений в пристроях формування цифрових зображень та системи для розрахунку і моделювання радіозв'язку;

- Імпульсний шум. До характеристик цього шуму можна віднести втрати при передачі зображень через заміну частини пікселів значеннями випадкової або фіксованої величини [56].

Робимо висновок, що у сучасній цифровій обробці зображень приглушення даних є відомою проблемою, яка поширена не лише в сфері “розумних” теплиць, але й в медицині, векторній та растровій обробці зображень, архітектурі чи будівництві.

Погіршення зображень відбувається внаслідок розмиття, а також шуму через електронні та фото метричні джерела. Через недосконалий процес формування зображень відбувається його розмиття. Тобто, по суті, зменшення пропускної здатності зображення. Причиною цьому може бути нестійке положення камери або проблеми з оптичною системою чи втрата фокусу. Будь-який елемент, який задіяний у процесі створення зображення (наприклад лінзи, плівка, тощо), якимось чином сприяє погіршенню самого графічного елементу.

Існує доволі широке коло методів фільтрації. Серед них основними є:

- Медіанні фільтри;
- Фільтри засновані на виборі максимального та мінімального значення;
- Гауссівські фільтри.

В даній роботі було використано медіанну фільтрацію.

Принцип фільтрації зображень тут побудований на понятті медіана. Воно давно використовувалося і вивчалось як середнє арифметичне значення відліків при оцінці вибіркового середнього значення. Тобто сенс цієї фільтрації полягає в тому щоб замінити значення в точці зображення на середину значень яскравості, яка виконується для цієї точки, іншими словами – знайти медіану яскравості зображення точки [56]. Сам по собі фільтр являє ковзне вікно. Це вікно охоплює непарне число елементів зображення, після чого центральний елемент замінюється медіаною всіх у вікні [57].

Основна формула яку використовують медіанні фільтри це формула (3.4), подана нижче.

$$\hat{f}(x, y) = \mathit{med}_{(s,t) \in S(x,y)} \{g(s, t)\} \quad (3.4)$$

Одним з основних полюсів медіанних фільтрів є те, що вони прекрасно придушують випадкові шуми. В свою чергу такі фільтри мінімізують розмиття зображень.

Однією з основних переваг медіанного фільтра, порівняно з лінійними фільтрами є процес обробки зображень. Лінійні фільтри використовуються при рівномірному або гауссівському розподілі перешкод, що в реальних сигналах буває доволі рідко. Медіанний фільтр забезпечує менше значення середньоквадратичної помилки порівняно з оптимальними лінійними фільтрами у тих випадках, коли перепади значень сигналів великі в порівнянні з дисперсією адитивного білого шуму. Також ефективним є використання медіанного фільтра при очищенні сигналів та зображень від імпульсних шумів.

3.4 Результати тренування штучного інтелекту

Одним з основних результатів процесу тренування по завершенні є отримання таблиці-результату, яка показана на рисунку 3.16. Тут наявна інформація про епохи навчання нейронної мережі, втрати при тренуванні, власне, які розраховуватися і дійсні втрати, точність навчання і час тренування витрачений на кожну епоху окремо [58]. Завдяки якісному та швидкому апаратному забезпеченню видно, що кожна епоха займає до хвилини часу.

epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	0.577004	0.066567	0.963415	00:56
1	0.281548	0.100566	0.975610	00:54
2	0.178278	0.013852	1.000000	00:54
3	0.131060	0.010825	1.000000	00:55

Saved weights in clf_light_0

Рисунок 3.16 – Таблиця-результат тренування нейронної мережі

Відзначимо, що в результаті виконаної роботи та побудованого прототипу “розумної” теплиці, а також її інформаційної технології, яка забезпечує моніторинг і керування системою, сформовано базу даних для спостереження за ростом та розвитком культур.

Також розроблено спеціальне програмне забезпечення для навчання нейронної мережі досліджуваної бази даних, проведено машинне навчання за допомогою мережі Deep Learning.

Проведено тренування нейронної мережі відносно кожної мітки бази даних фотографій. Попередньо підготовлено навчальні матеріали, тобто зображення, які потрібно буде в подальшому розпізнавати. Оскільки процес ускладнювався тим, що якість зображень не завжди була хорошою, то застосовувалися методи для фільтрації графічних об'єктів. Для тестового набору відфільтровано фотографії, що робилися на веб-камеру в теплиці.

Кожне зображення повинно бути розміченим для того щоб нейронна мережа розуміла де зображення з об'єктами які необхідно розпізнавати та аналізувати. Після успішного навчання нейромережа сама дає мітки зображенням, призначеним для роботи, аналізуючи їх та визначаючи необхідні параметри. Даний процес описано в цьому розділі підпункт 3.1

Відповідно отримано достовірні результати навчання, матриці плутанини для кожної мітки, яка була визначена для дослідження рослин та елементи для аналізу якості тренування.

В процесі роботи удосконалено уже існуючу інформаційну технологію моніторингу та керування “розумною” теплицею. Також розроблено інформаційну систему, яка дозволяє за допомогою графічних зображень (фотографій з веб-камер) аналізувати стан рослин, і відштовхуючись від цього приймати рішення щодо їх подальшого утримання. Фактично система дає рекомендації для догляду за процесом росту і розвитку посаджених культур, що сприяє кращому вирощуванню та плодоношенню.

Щодо подальшого розвитку цього проєкту, слід зауважити необхідність більш строгої формалізації списку маркерів у відповідності до вимог фізіології рослин. Тут слід враховувати біологічну сторону проблеми. Після внесення таких змін щодо списку маркерів формування нового датасету і перенавчання нейронної мережі “розумна” теплиця якісніше та інтенсивніше працюватиме для свого користувача.

3.5 Висновки до третього розділу

В ході виконання та формулювання третього розділу кваліфікаційної роботи було розглянуто, в першу чергу, інформаційну складову розробленої системи. Подано загальний код тренування по мітках, а також лістинги тренування кожної мітки окремо. Проаналізовано результати, які визначає нейронна мережа для освітленості, включно з представленням матриці плутанини для оцінки якості роботи нейронної мережі. Такі самі результати

подано для графічних об'єктів стану рослини, вологості та положення листків. Відповідно до них наявні матриці оцінки якості процесу тренування.

Описано алгоритм роботи “розумної” теплиці. Побудовано блок-схеми для демонстрації процесу контролю температури, вологості та освітленості в теплиці. Відповідно до принципу роботи кожної системи подано умови та формули для кращого розуміння її функціонування.

Описано основні методи фільтрації та для чого вони використовуються. В сучасному світі приглушення даних є широко поширеною проблемою, з якою зіткнулися в процесі роботи. Розглянуто адитивний білий шум та імпульсний шум на зображеннях, різницю між ними та їх особливості.

Також розглянуто принципи медіальної фільтрації зображень, оскільки саме вона використовувалася в роботі.

Подано основні результати процесу та методи тренування і роботи “розумної” теплиці. Сюди входить інформація про епохи навчання нейронної мережі, втрати при тренуванні, які розраховуватися і ті втрати які є в реальному процесі, точність навчання і час тренування витрачений на кожну епоху окремо. Це підкріплено рисунком із зображенням цих всіх даних.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Правила охорони праці в "розумних" тепличних приміщеннях

Опираючись на тему кваліфікаційної роботи: «Система штучного інтелекту на основі нейронних мереж для оцінювання стану рослин у "розумних" теплицях» слід стверджувати, що дослідження і взаємодія користувача відбуватиметься напряду з тепличними аграрними приміщеннями.

При проведенні експериментів і подальшій експлуатації системи варто дотримуватись правил охорони праці, які затверджено наказом № 1240 від 29.08.2018р. «Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві» [59]. Він регламентує правила безпечної поведінки у сільському господарстві, використання найманої праці та устаткування для сільськогосподарських робіт, вимоги щодо безпеки робочих місць та правила поведінки з рослинним і тваринним господарством.

Відповідно до частини другої наказу № 1240 устаткування призначене для використання працівниками сільськогосподарських угідь під час експлуатації повинно бути справним і відповідати всім вимогам, зазначеним у нормативно-правових актах щодо гігієни та охорони праці [59].

Якщо працівники використовують потенційно небезпечне в плані викиду шкідливих речовин устаткування, то слід забезпечити місця виділення отруйних речовин вентиляційними системи [59].

У випадку присутності під час роботи високих рівнів шумів, працівники повинні забезпечуватися спеціальними приладами для захисту систем слуху.

Важливим є справність та герметичність усіх складових теплиці під час її використання.

Забороняється експлуатація машин, що містять несправності. Перед

використанням сільськогосподарської техніки слід переконатися, що вона знаходиться у робочому стані, відсутні поломки і пошкодження ізоляції кабелів.

Окремо виділяються роботи з високим рівнем небезпеки у сільському господарстві.

До них відносяться наступні:

- Роботи з хімікатами, агрохімікатами, пестицидами та іншими добривами і хімічними речовинами;
- Управління тракторами, машинами призначеними для виконання спеціальних функцій обробки врожаю, самохідними технологіями та іншим аналогічним устаткуванням;
- Роботи з ремонту та діагностики машин для збору і переробки продукції;

Для виконання вище зазначених робіт працівники повинні отримати дозвіл та мати відповідний кваліфікаційний рівень.

Під час збирання врожаю слід враховувати присутність на території різного виду тракторів, машин та інших обслуговуючих пристроїв. Відповідно зберігати дистанцію від них і забезпечити коректну роботу під час процесів використання. Статистично доведено, що більшість травм робітників пов'язані з не дотриманням правил охорони праці та безпечного експлуатування транспортних засобів [59].

Ще одним важливим фактором є дотримання пожежної безпеки під час збиральних робіт. Найчастіше причинами пожеж, які виникають є необережне поводження з вогнем, спалювання трави та інших залишкових продуктів після жнив, виконання робіт з підвищеною небезпекою невідготовлених і ненавчених працівників, використання відкритого вогню.

Для того щоб уникнути надзвичайних ситуацій пов'язаних з пожежною безпекою слід дотримуватися наступних правил:

- Не допускати до роботи працівників, що не пройшли навчання, неповнолітніх та людей без належного кваліфікаційного рівня;

- Обов'язково перевірити справність роботи всіх використовуваних систем і транспортних засобів;
- Всі транспортні засоби повинні бути обладнані вогнегасниками та іншим пожежним інвентарем. Це стосується також тепличних приміщень для того, щоб у разі виникнення пожежі її можна було оперативно ліквідувати;
- За можливості створити пункти обслуговування сільськогосподарської техніки, для періодичної очистки складових транспортних і допоміжних засобів, що використовуються під час роботи для уникнення самовільного втручання в складові систем транспортних засобів та тепличних приміщень;
- Будь-які зварювальні роботи з устаткуванням і теплицями проводити лише згідно наказу і дозволу, який виданий керівництвом;
- Строго забороняється розводити багаття в теплицях чи на полях і спалювати залишки рослин.

Оскільки робота над проектом передбачає взаємодію з «розумною» теплицею, то варто також звернути увагу на техніку безпеки та поведінку в надзвичайних ситуаціях відносно приладів, які знаходяться під дією електричного струму та електроприладів. Сюди віднесемо сенсори, кабелі, персональні комп'ютери, монітори, електродвигуни, вентилятори, тощо. Всі пристрої під'єднано до електромережі і вони знаходяться під напругою, тому важливо дотримуватись певного переліку правил використання і роботи з ними. Здоров'я та життя користувача при роботі з теплицею напряму залежить від правильного контакту з різними видами електричних приладів. Основний документ, що регламентує коректну і безпечну роботу з елементами «розумної» теплиці є НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [60] та наказом № 7 від 11.01.2017 р. «Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» [61]. Також важливим є врахування вимог наказу №244 від 21.07.2016 р. «Про затвердження Інструкції з дотримання вимог охорони праці в приміщеннях Міністерства аграрної політики та продовольства України» [62]. Оскільки

вагома частина роботи проводиться за комп'ютером, при експлуатації його слід керуватись наказом №207 від 14.02.2018 р. «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [63].

Згідно з наказом №7 «Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» п. 2.2 налаштування та обслуговування установки під струмом повинні проводити лише ті працівники, які спеціально підготовлені та навчені. Це відноситься також і до проведення ремонтних робіт. Не можна допускати до приладів споживачів чи працівників, які не мають спеціальної підготовки. Згідно п.2.4. наказу №7 працівники, які безпосередньо контактують з електроустановкою та обслуговують її повинні досягти 18 років. Перед початком роботи з системою кожен працівник повинен пройти спеціальне навчання, яке слід регулярно повторювати. Після навчання відбувається етап перевірки знань з питань охорони праці. По успішному завершенні перевірки знань, працівник має пройти стажування від 2 до 15 робочих днів. Кількість днів стажування визначається наказом керівника чи власника. Потім наказом робітника допускається до самостійної роботи. Обов'язковим є проходження медичного огляду, де вказано, що працівник немає протипоказань для виконання необхідної роботи.

Важливо провести аналіз технічної сторони роботи установки для того щоб оцінити стан всіх компонентів системи, стан електропостачання, функціонування приладів, перемикачів і складових частин теплиці. Приміщення, в яких розміщуються теплиці повинні відповідати вимогам будівельних норм, необхідному рівню освітленості, відповідній температурі і вентиляції.

Заборонено користуватися установкою при виявленні обривів кабелів плавленні плат і з'єднувальних елементів, перебоях роботи електромережі, деформації та плавленні деталей теплиці, пошкодженні конструкції, корозії складових, неправильному під'єднанні проводів чи іскрінні. У випадку виявлення несправностей слід повідомити про це керівника.

Згідно з інструкцією, затвердженою наказом №244 «Про затвердження Інструкції з дотримання вимог охорони праці в приміщеннях Міністерства аграрної політики та продовольства України», одним з найнебезпечніших факторів при роботі є ураження електричним струмом. Для того щоб уникнути небезпеки слід дотримуватися наступних правил:

- При пошкодженні шнурів, ізоляції, вилок заборонено вмикати прилади в електромережу;
- Заборонено користуватися несправними розетками, з'єднувальними коробками, перемикачами, тощо;
- Заборонено обігрівати приміщення саморобними або несанкціонованими пристроями;
- Заборонено самостійно міняти розміщення складових системи;
- Заборонено самостійно замінювати несправні електроприлади, запобіжники та інші прилади, що мають безпосередній контакт з електромережею;
- Заборонено залишати увімкнені електроприлади без нагляду;
- Слід уникати безпосереднього контакту будь-яких електроприладів з водою.

Під час перерви, або ж по завершенню роботи слід вимкнути всі електропристрої з електромережі (враховуючи пристрої особистого користування, такі як кабелі зарядного пристрою телефона, блок живлення ноутбука чи іншої техніки). Важливим є також чистота робочого місця.

Якщо в працівника виникла підозра, що система чи її елемент вийшов з ладу, або працює некоректно то йому слід повідомити про це керівництво. Забороняється самостійно усувати аварійну ситуацію.

Керуючись наказом №207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», затвердженого Міністерством соціальної політики України, варто відзначити, що під час вибору для працівників екранних пристроїв слід враховувати рівень шуму, миготіння та надлишковість тепла яку створює техніка.

Оскільки при роботі з екранними пристроями працівник піддається впливу опромінення варто звести його до гранично допустимого рівня.

Під час роботи за комп'ютером обов'язково робити перерви для відпочинку, оскільки сидяча робота часто є причиною виникнення різного виду захворювань опорно-рухової, нервової та сенсорної систем. Щоб запобігти поширенню цих захворювань слід проходити періодичний медичний огляд.

Виділимо декілька основних правил при роботі з екранним пристроєм:

- Освітлення робочого місця повинно бути достатнім і враховуватися контраст між освітленням приміщення та екраном користувача;
- Будь-який текст чи інший символ на екрані повинен бути чітким та комфортно сприйматися зором користувача;
- Важливим є стабільність зображення, тобто відсутність миготіння і високого рівня шумів;
- Монітор або екран має забезпечувати якісне зображення без відблискувань чи відбивання світла;
- Екран повинен вільно переміщатися повертатися і нахилитися відповідно до потреб людини, яка працює за ним;
- Насиченість, контрастність та яскравість на екрані регулюється особисто користувачем, в залежності від його вимог.

При виборі програмного забезпечення слід враховувати завдання, які вона повинна вирішувати, кваліфікації спеціалістів, їхню думку та переваги програм.

4.2 Охорона праці і правила роботи з приладами, які генерують випромінювання

За рахунок автоматизації повсякденних процесів все більше користувачів та працівників переходить на роботу з приладами, які генерують різного виду промені. Це стосується як людей, що працюють з комп'ютерами,

так і тих, хто має безпосередній контакт з іншими джерелами іонізуючого випромінювання. Не лише користувачі, що напряду працюють з комп'ютером піддаються впливу шкідливого випромінювання. У число уражених входять також ті, які мають справу з допоміжними комп'ютерними приладами.

Сучасна техніка є доволі різноманітною та містить широке коло джерел електро- і радіоелектронних приладів. До таких приладів віднесемо сканери штрих-кодів, сканери запису та зчитування інформації, принтери, інтегровані мікросхеми, плати, тощо. Кожен з них характеризується своїм принципом дії на організм людини [64].

Основними полями які створюються навколо такої техніки є наступні:

- Електромагнітне поле;
- Електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону;
- Змінне низькочастотне електричне поле;
- Змінне низькочастотне магнітне поле;
- Електростатичне поле.

Джерелом електромагнітного випромінювання в комп'ютері є в основному монітор, побудований на основі рідких кристалів та плазменний монітор. Слід відзначити, що дисплеї, в основі яких рідкі кристали мають майже незначне електромагнітне випромінювання, проте думка, що ЕМВ відсутнє взагалі хибна. Вони не перевищують допустимих норм якщо працювати на відстані більше 50 см від екрану.

Вузли персонального комп'ютера, що працюють під високою змінною напругою і високим струмом є основою змінних електричних і магнітних полів. Допустимий рівень напруженості електромагнітних полів і діапазони їх регламентуються нормативним актом ДСанПіН 3.3.2.007-98 та загальноєвропейським стандартом MPR II (або ще його називають „шведський стандарт”). Його затверджено Шведським національним комітетом з питань вимірювань та досліджень. Більшість виробників, які займаються розробкою і випуском екранних пристроїв повинні враховувати ці норми під час випуску продукції, а також правила, затверджені в нормах ТСО 9295 Шведської

конференції профспілок [65]. Це показано на рисунку 4.1.

Види поля	TCO	MPR II
Змінне електричне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	10 В/м 1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м 2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центру екрана і 0,5 м навколо монітора	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,5 м навколо монітора

Рисунок 4.1 – Допустимі значення випромінювання екранних пристроїв

Одним з основних пристроїв (після персонального комп'ютера), який створює навколо себе сильне електромагнітне поле є Wi-Fi пристрій. У більшості університетах Швейцарії обмежено користування Wi-Fi-зв'язком у закладах дошкільного, шкільного відвідування та вищих навчальних закладах. А в деяких взагалі заборонено для уникнення впливу на учнів і студентів негативного випромінювання.

Коло людей, які піддаються дії опромінення ділиться загалом на три категорії [66]:

- Категорія А. Зазвичай це люди, які тимчасово працюють з джерелами випромінювання (тобто персонал або працівники фірми, виробництва, компанії, тощо). Вони мають прямий контакт з пристроями, які створюють випромінювання;
- Категорія Б. Це та категорія працівників, які безпосередньо не контактують з пристроями випромінювання, проте піддаються його впливу;
- Категорія В. Все населення.

Науково доведено, що навіть при нетривалій роботі з елементами, які випромінюють електромагнітні та низькочастотні поля, відбувається порушення в роботі центральної нервової системи, збільшуються випадки

головних болів чи запаморочення. Тривала робота за комп'ютером може призвести до виникнення стресового стану людини, нудоти, різкої відсутності апетиту та загального погіршення стану здоров'я і роботи головного мозку. Також електромагнітне випромінювання негативно впливає на продуктивність, запам'ятовування інформації, роботу і навчальний процес [67].

Після проведення тривалих досліджень, науковці стверджують про негативний вплив випромінювання на шкіряні покриви людини, серцево-судинну систему та шлунково-кишковий тракт. Тривала дія низькочастотних променів здатна викликати лишай, екзему шкіри, акне чи вугрові висипання. Нерідко саме через дію низькочастотних променів у користувача виникають ракові злоякісні пухлини.

Для того щоб уникнути можливих загроз слід дотримуватися певного переліку правил безпеки при роботі з приладами, випромінюючими електромагнітні, магнітні, низькочастотні поля.

До основних заходів регулювання впливу ЕМП відносяться наступні:

- Організаційні заходи, які здійснюються, зазвичай, спеціально призначеними для цього особами. На кожному підприємстві є працівники, в обов'язки яких входить санітарний аналіз та нагляд за приладами, що випромінюють електромагнітні хвилі;
- Інженерно-технічні методи для зменшення впливу випромінювання. Сюди входить правильне розміщення приладів випромінювання, зокрема таке, щоб працівники які не мають прямого контакту з ними не піддавалися впливу електромагнітного поля. Забезпечення коректних умов використання, експлуатації та методів дистанційного керування приладами з сильним випромінюванням. Використання засобів індивідуального захисту, зокрема для зору;
- Лікарсько-профілактичні заходи. Для кожного працівника обов'язковим є медичний огляд у чітко відведені періоди часу. Для тих, хто піддається тривалому, або ж навіть не тривалому впливу випромінювання такі

медогляди є чистішими.

До правил з техніки безпеки та охорони праці працівників можна віднести наступне:

- Розміщення приладів які створюють випромінювання згідно з санітарних норм та пожежної безпеки;
- Будь-які роботи по налагодженню, монтажу і ремонту повинні виконувати лише спеціалісти за даним видом діяльності;
- Необхідно забезпечити вентиляцію приміщення, а в разі потреби систему витяжної вентиляції;
- Варто уникати роботи з випромінюючими приладами у недостатньо освітлення в приміщеннях;
- У разі потреби забезпечити екранування;
- Зменшити коло осіб, які не мають безпосереднього контакту з випромінюючими приладами;
- Для захисту шкіряних покривів людини забезпечити техпрацівника необхідним одягом;
- Заборонити роботу з випромінюючими приладами працівникам, які мають проблеми зі шкірою, поганий зір чи мають хвороби очей;
- В приміщенні обов'язково повинна бути аптечка для надання першої медичної допомоги.

Також слід згадати випромінювання оптичного діапазону. Сюди відносяться два види хвиль:

- Інфрачервоні хвилі;
- Ультрафіолетове випромінювання.

Інфрачервоне випромінювання характеризується дією на людину в основному у тепловому сегменті. В першу чергу такі хвилі мають вплив на шкіру людини, оскільки вона володіє специфічними властивостями вбирати та відбивати випромінювання. ІЧВ впливає на секреторну діяльність організму, центральну нервову систему та слизові залози. Короткі інфрачервоні хвилі проходять через голову та впливають на головний мозок викликаючи

ушкодження кори або тепловий удар.

Для уникнення ураження таким видом опромінення використовують екранування робочих місць та теплоізоляцію. За можливості важливою є також зміна технології виробництва для зменшення негативного впливу.

Щодо ультрафіолетового випромінювання відзначимо, що природним джерелом таких променів є сонце. В потрібній кількості УФ приносить користь організму людини. Проте за надлишку ультрафіолетових променів виникає в першу чергу подразнення сітківки ока, гострі професійні захворювання, кон'юнктивіт, а на шкіряних покриттях екзема, набряки та навіть пухирці.

При роботі з приладами, які мають надмірне випромінювання ультрафіолетових хвиль варто застосовувати захисний одяг, окуляри, маски для обличчя, а в приміщеннях захисні екрани.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- Проведено огляд літератури за темою “розумні” теплиці.
- Описано поняття smart-технологій в загальному розумінні.
- Описано нейронні мережі в які використовуються в “розумних”

теплицях.

– Проаналізовано вже існуючі рішення для вирішення проблематики теми.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

– Розглянуто можливості штучного інтелекту в сучасних світових технологіях.

– Проаналізовано використання штучного інтелекту в “розумних” теплицях.

– Визначено аспекти подальшого розвитку штучного інтелекту в галузі розробки smart-теплиць.

– Проведено фізичний опис прототипу smart-теплиці.

– Описано сенсори та технічні характеристики прототипу і методику за якою відбувалися дослідження.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

– Детально розглянуто інформаційну складову розробки.

– Описано алгоритм роботи “розумної” теплиці.

– Проведено аналіз процесу фільтрації зображень, а також той метод, який використовувався безпосередньо під час проведення досліджень.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано правила та основні аспекти безпеки праці в теплицях. В тому числі і розумних тепличних приміщеннях. Також вказано основні правила охорони праці при роботі з приладами, які генерують різного роду випромінювання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Раві Кішор Кодалі,. Розумна теплиця на основі IoT / Раві Кішор Кодалі,, Вішал Джайн, Суміт Карагвал. – С. 1–5.
- 2 Проектування та виготовлення розумної теплиці с Наглядний контроль параметрів навколишнього середовища / Ю. Алавіян, Н. Агасієдабдолла, М.Садафі, А. Яздізаде. // Іранська конференція з обробки сигналів та інтелектуальних систем (ICSPIS). – 2020. – С. 3.
- 3 Алехандро Кастаньєда-Міранда. Розумний контроль заморозків в теплицях за допомогою моделей нейронних мереж / Алехандро Кастаньєда-Міранда, Віктор М. Кастаньо. // <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.024>. – 2017. – С. 3–7.
- 4 Часовий аналіз моделей глибинних нейронних мереж для прогнозування кліматичних умов всередині теплиці / Де-Хьон Чон, Хен Сок Кім, Чанхо Джін та ін.]. // Комп'ютери та електроніка в сільському господарстві. – 2019. – С. 2–10.
- 5 Про класифікацію тепличного середовища для врожаю троянд на основі сурогатних моделей на основі штучного інтелекту / Шоукат Ахмад Бхат, Нен-Фу Хуан, Хусейн2 та ін.]. // і Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). – 2021. – С. 9–17.
- 6 Шува Павло. Огляд Smart Technology (Smart Grid) та її особливості / Шува Павло, Саджед Раббані,, Ріпон Кумар Кунду. // Міжнародної конференції з нетрадиційної енергетики. – 2014. – С. 1–3.
- 7 Курильчук М. Блог [Електронний ресурс] / Марина Курильчук. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://weekend.today/kolonki/sho-take-smart-tehnologii-ta-dlja-chogo-voni-potribni.htm>.
- 8 Роберто Моро Вісконті. РОЗУМНІ ЛІКАРНІ ТА ПАЦІЄНТ-ЦЕНТРИРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ / Роберто Моро Вісконті, Лаура Мартіньєлло. // Корпоративна власність та контроль / Том 16, випуск 2. – 2019. – С. 4–12.

- 9 Чжи-Тін Чжу. Дослідницька основа розумної освіти / Чжи-Тін Чжу, Мін-Хуа Ю, Пітер Різебос. // Розумні навчальні середовища. – 2016. – С. 2–16.
- 10 SMART-технології в анестезії та інтенсивній терапії [Електронний ресурс] / Н. И. Тикко, А. А. Мещеряков, Е. И. Скобелев, И. Н. Пасечник – Режим доступу до ресурсу: https://www.rumex.ru/information/smart-tehnologii_v_anesteziologii_i_intensivnoj_terapii-525.
- 11 Ткаченко Т. І. Сталий розвиток туризму: теорія, методологія, реалії бізнесу : монографія / Т. І. Ткаченко. - К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. – 537 с.
- 12 Дімітріос Бухаліс. Технології в туризмі – від інформаційно-комунікаційних технологій до еТуризму та розумного туризму до туризму з навколишнім інтелектом: перспективна стаття / Дімітріос Бухаліс. // <http://dx.doi.org/10.1108/TR-06-2019-0258>. – 2020. – С. 4–5.
- 13 Applications of Artificial Neural Networks in Greenhouse Technology and Overview for Smart Agriculture Development / Axel Escamilla-García, Genaro M Soto-Zarazúa, Manuel Toledano-Ayala, Edgar Rivas-Araiza. // DOI:10.3390/app10113835. – 2020. – С. 4–6.
- 14 Kwon, S.J. Artificial Neural Networks. Artif. Neural Netw. 2011, 1–426, doi:10.4324/9781315154282-3.
- 15 Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://shop.ponix-systems.com/>.
- 16 Платформа для продаж бізнес-продукту [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://asia.clickandgrow.com/>.
- 17 Сайт "Click&Grow" [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://asia.clickandgrow.com/products/the-click-and-grow-25>.
- 18 ТОП-10 досягнень штучного інтелекту [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://umn.ua/news/4716>.
- 19 Відеоновини в мережі YouTube [Електронний ресурс]. – 2020. –

Режим доступу до ресурсу: <https://youtu.be/jr4PC6JOZNA>.

20 Сфери застосування штучного інтелекту [Електронний ресурс] // AI Conference Kyiv 2021. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://aiconference.com.ua/uk/news/oblasti-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-92253>.

21 Савчук Т. 10 прикладів, як штучний інтелект може змінити ваш спосіб життя [Електронний ресурс] / Тетяна Савчук // Радіо Свобода. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiosvoboda.org/a/29015231.html>.

22 Paresh Dave. Exclusive: Ukraine has started using Clearview AI's facial recognition during war [Електронний ресурс] / Paresh Dave, Jeffrey Dastin // REUTERS. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.reuters.com/technology/exclusive-ukraine-has-started-using-clearview-ais-facial-recognition-during-war-2022-03-13/?fbclid=IwAR39WQ13K-SWZd93Z-ErOVLAWXTruebHFT7nxrjNTkvzF2OD7jFMhSsZuNs>.

23 Hill, Kashmir (January 18, 2020). "The Secretive Company That Might End Privacy as We Know It". The New York Times. ISSN 0362-4331. Retrieved January 18, 2020.

24 Офіційний сайт програмного продукту [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.clearview.ai/>.

25 Штучний інтелект: як він працює і де використовується? [Електронний ресурс] // YouTube. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=9PrqLYpI-gA>.

26 Відеоматеріал [Електронний ресурс] // ROBOCODE Школа Робототехніки та Програмування. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/channel/UCnrQ113OjfXe8T2zuDvRmrw>.

27 Robotics // проєкт: Розумна теплиця [Електронний ресурс] // ROBOCODE Школа Робототехніки та Програмування. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=1YTvd2OGWVw>.

28 Artificial intelligence approaches to predict growth, harvest day, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a IoT-enabled greenhouse system / Chung-

LiangChang, Sheng-ChengChung, Wen-LunFu, Cheng-ChiehHuang. // Biosystems Engineering. – 2021. – С. 2–5.

29 C.R. Mehta. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things / C.R. Mehta, A. Subeesh. // Artificial Intelligence in Agriculture. – 2021. – С. 2–13.

30 Мікрокомп'ютер BeagleBone Black [Електронний ресурс] // ЕВОКОМ.ЮА. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://evo.net.ua/beaglebone-black/>.

31 Raspberry Pi. Архів оригіналу за 16 липня 2013 «What Linux distros will be supported at launch? Debian, Fedora and ArchLinux will be supported from the start.» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi.

32 Raspberry Pi 4B mit 8 Gigabyte RAM. c't Artikel. 25 червня 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.amazon.de/Raspberry-Pi-ARM-Cortex-A72-Bluetooth-Micro-HDMI/dp/B07TC2BK1X>.

33 Інтелектуальна схема моніторингу та контролю теплиці: розташування сенсорів, вбудована система на базі Raspberry Pi та платформа IoT / Джахангір Аршад, Різван Тарік, Сакіб Салім, Аамір Салім8. // ННДІЙСЬКИЙ ЖУРНАЛ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЇ. – 2020. – С. 3–5.

34 Халдун І. Аріф. Проектування та впровадження розумної теплиці / Халдун І. Аріф, Хінд Фадхіл Аббас. // Міжнародний журнал комп'ютерних наук і мобільних обчислень. – 2015. – С. 7–11.

35 A. Subeesh, C.R. Mehta. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things / A. Subeesh, C.R. Mehta. // Artificial Intelligence in Agriculture. – 2020. – С. 12–13.

36 He, F., & Ma, C. (2010). Моделювання вологості повітря теплиці за допомогою штучної нейронної мережі та аналізу головних компонентів. Комп'ютери та електроніка в сільському господарстві, 71, С 19-23.

37 Мадд, GM, Weng, Z., Memary, R., Northey, S., Giurco, D., Mohr, SH, & Mason, LM (2013). Майбутні викиди парникових газів від видобутку міді: оцінка сценаріїв чистої енергії.

38 Ширлі, DRA, Ranjani, K., Arunachalam, G., & Janeera, DA (2020). Автоматична розподілена система садівництва з використанням розпізнавання об'єктів та візуального обслуговування. *Inventive Communication and Computational Technologies* (С. 359-369).

39 Хошневісан Б., Рафі С., Омід М., Юсефі М. та Мовахеді М. (2013). Моделювання споживання енергії та викидів ПГ (парникових газів) у виробництві пшениці в провінції Ісфахан в Ірані за допомогою штучних нейронних мереж. *Енергія*, 52, С. 333-338.

40 Дистанційне керування тепличним овочевим виробництвом із штучним інтелектом — тепличний клімат, зрошення та рослинництво / Силке Хеммінг, Фейс де Зварт, Енн Елінгс, , Ізабелла Рігін. // Університет Вагенінгена та дослідження, бізнес-підрозділ "Тепличне садівництво". – 2019. – С. 13–20.

41 Пінар Кірч. Розумна теплиця та розумне сільське господарство / Пінар Кірч, Ердинч Озтюрк, Явуз Челік. // ISSN 2305-7254. – 2020. – С. 1–5.

42 Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies / NouredineChoab, AmineAllouhi, AnasEl Maakou, AbdelmajidJami. // *Solar Energy*. – 2019. – С. 5–8.

43 K.G.Arvanitis. Multirate adaptive temperature control of greenhouses / K.G.Arvanitis, P.N.Paraskevopoulos, A.A.Vernardosb. // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2000. – С. 2–9.

44 Назаревич О. Б. Багаторівнева інформаційна система екомоніторингу та керування кліматконтролем smart growing box / Назаревич О. Б., Волоха А. О., Зимницький О. Г. Матеріали хві науково-технічної конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих уч.

45 Xia, F, Yang, L, Wang, L & Vinel, A (eds) 2012, Editorial: Internet of

Things. International Journal of Communication Systems, no. 9, vol. 25, Wiley.

46 Что такое MQTT и для чего он нужен в IoT? Описание протокола MQTT [Электронный ресурс] // Промислова платформа IPC2U. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/>.

47 Rafal Kuc, Marek Rogozinsk. Mastering Elasticsearch, Second Edition, February 27. 2015.

48 Все, що потрібно знати про початок роботи з Raspberry Pi [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.phhsnews.com/articles/howto/everything-you-need-to-know-about-getting-started-with-the-raspberry-pi.html>.

49 Matthes A. Independently published «Python Programming: 3 Manuscripts Crash Course Coding With Python Data Science (3 Books in 1)» / Matthes A., Tacke J. 2020. С. 222.

50 Deep Learning Techniques and Optimization Strategies in Big Data Analytics / J. Joshua Thomas, P. Karagoz., B. Bazeer Ahamed, P Vasant. 2020. 355 с.

51 Програмування числових методів мовою Python / А. В. Анісімова, Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014. 640 с.

52 Chin L. NumPy Essentials / Chin L., Dutta T., 2016. 156 с.

53 Vyacheslav Nykytyuk, Vasyl Dozorskyu, Nataliia Kunanets, Volodymyr Pasichnyk, Oleksandr Matsiuk, Ihor Bodnarchuk: Electrical Probe-Signal Processing and Criterion for the Determination of Time Parameters of the Teeth Filling Material Polymerization Process in Dentistry. 4th IDDM 2021: Valencia, Spain. P. 54-63.

54 Порівняльний аналіз алгоритмів фільтрації медичних зображень / Бондіна Н.М., Калмичков О.С., Кривенцов В.Е. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. – No 38. – С. 14 – 25.

55 Адитивний білий гаусів шум [Електронний ресурс] // Вільна

електронна енциклопедія. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%96%D0%B2_%D1%88%D1%83%D0%BC.

56 Цифрова обробка зображень [Текст] : метод, рекомендації до викон. лаборатор. робіт для студ. спеціальності 7.05080302, 8.05080302 «Аудіо-, відео- та кінотехніка» усіх форм навчання / Уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. - К.: НТУУ «КПІ», 2016. - 73 с.

57 Медіанний фільтр сигналу. Медіанний фільтр на службі розробника [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://steklo-servise.ru/median-signal-filter-median-filter-on-the-developer-service.html>.

58 Danyltsiv O. Usage of Artificial Intelligence Systems and Working with the Neural Network in Assessing the Condition of Plants in Smart Greenhouses / O. Danyltsiv, A. Khomiak, O. Nazarevych. // MoMLeT+DS 2021: 3 rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science. – 2021. – №3. – С. 1–12.

59 Наказ «Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві» [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО СОЦІАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text>.

60 НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Електронний ресурс] // ДНАОП. – 1998. – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/2029/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_40.1-1.21-98.

61 Наказ "Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО ПАЛИВА ТА ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#n22>.

62 Наказ "Про затвердження Інструкції з дотримання вимог охорони праці в приміщеннях Міністерства аграрної політики та продовольства України" [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://minagro.gov.ua/npa/nakaz-minagropolitiki-pro-zatverdzhennya-instruktsii-z-dotrimannya-vimog-okhoroni-pratsi-v-primishchennyakh-ministerstva-agrarnoi-politiki-ta-prodovolstva-ukraini>.

63 Наказ "Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями" [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО СОЦІАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text>.

64 Джерела і характеристики електромагнітних полів на робочому місці користувачів комп'ютерів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://spo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/920.html>.

65 Захист від електромагнітних випромінювань [Електронний ресурс] // Навчальні матеріали онлайн. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: https://pidru4niki.com/1321110938193/bzhd/zahist_vid_elektromagnitnih_viprominyuvan.

66 Правила безпечного застосування джерел іонізуючого випромінювання в медичній практиці та промисловості [Електронний ресурс] // Головне управління держпродспоживслужби в Київській області – Режим доступу до ресурсу: <http://oblvet.org.ua/novini/pravila-bezpechnogo-zastosuvannya-djerel-ionizuyuchogo-viprominyuvannya-v-medichniy-praktici-ta-promislovosti/>.

67 Електромагнітні випромінювання комп'ютера [Електронний ресурс] // Основи охорони праці. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: <https://library.if.ua/book/9/967.html>.

ДОДАТКИ

```

from functools import partial
import timeit
from fastai import *
from fastai.vision import *
import pandas as pd
import numpy as np
import sklearn

df = pd.read_excel("Strika AI Labeling ver.
1.1(2).xlsx", skiprows=[1])
df = df[df.filename.apply(lambda x: x.split(".")[1]
!= "\n")]
def get_label_value(labels, label_name, default=None):
    try:
        return next(l for l in labels.split(",") if
l.startswith(label_name))
    except StopIteration:
        return default
df["image_path"] = df.apply(lambda row:
Path(f"{row['repo']}/{row['folder']}/
{row['filename']}"), axis=1)
BATCH_SIZE = 14
existing = df.image_path.apply(lambda p:
(Path("images")/p).exists()) df = df[existing]
tfms = get_transforms()
def train_model_for_label(label_name):
    print(f"Selecting features for {label_name}
classifier...") df[label_name] =
df.labels.apply(partial(get_label_value,
label_name=label_name))
data = df[["image_path",
label_name]] print(data.head())
print(data[label_name].value_counts
()) print(f"Creating databunch...")

```

```

bunch = ImageDataBunch.from_df(Path("./images/"), data,
    bs=BATCH_SIZE,
↳valid_pct=0.05, ds_tfms=tfms)
    bunch.show_batch(ds_type=DatasetType.V
    alid) print(f"Starting
    training...")
    model = cnn_learner(bunch, base_arch=models.resnet34,
    metrics=accuracy) model.fit_one_cycle(4)
    model_file =
    f"clf_{label_name}_0"
    model.save(model_file)
    print(f"Saved weights in
    {model_file}") interpretation =
    model.interpret()
    interpretation.plot_confusion_matr
    ix(4)
train_model_for_label("light")
Selecting features for light
    classifier...
image_path light
0 box2_photos/old-data/20190816114000-
    snapshot.jpg light_norm
1 box2_photos/old-data/20190816120000-
    snapshot.jpg light_norm
2 box2_photos/old-data/20190816122000-
    snapshot.jpg light_norm
3 box2_photos/old-data/20190816124000-
    snapshot.jpg light_norm
4 box2_photos/old-data/20190816130000-
    snapshot.jpg light_norm
light_norm 1162
light_low 482
Name: light, dtype: int64
Creating databunch...

```


Starting training...

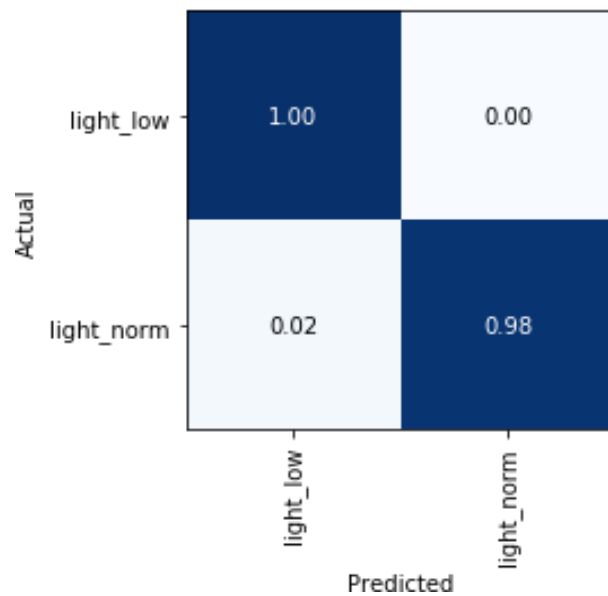
<IPython.core.display.HTML object>

Saved weights in clf_light_0

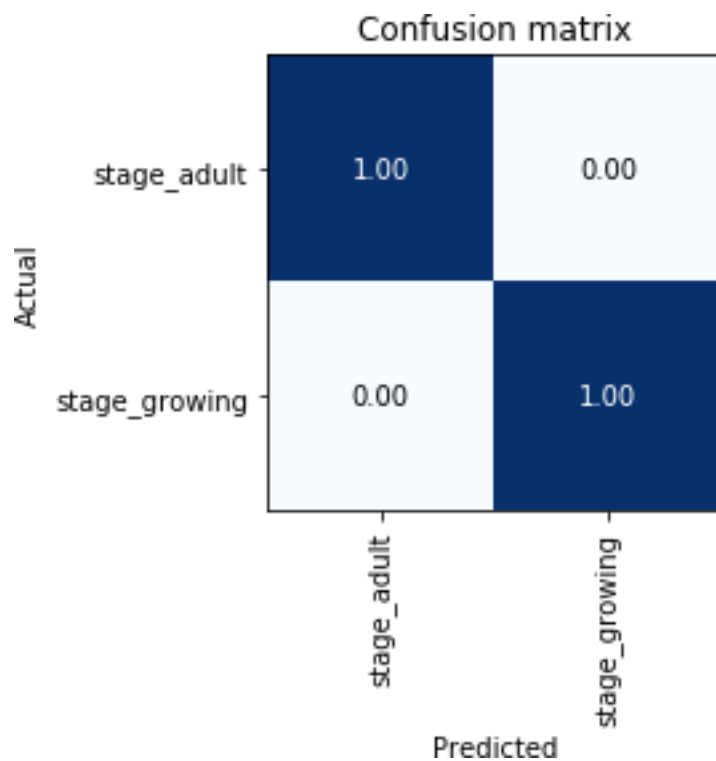
<IPython.core.display.HTML object>



Confusion matrix



```
train_model_for_label("stage")
Selecting features for stage
  classifier...
image_path stage
0 box2_photos/old-data/20190816114000-
  snapshot.jpg stage_growing
1 box2_photos/old-data/20190816120000-
  snapshot.jpg stage_growing
2 box2_photos/old-data/20190816122000-
  snapshot.jpg stage_growing
3 box2_photos/old-data/20190816124000-
  snapshot.jpg stage_growing
4 box2_photos/old-data/20190816130000-
  snapshot.jpg stage_growing
stage_adult 1206
stage_growing 438
Name: stage, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...
<IPython.core.display.HTML object>
Saved weights in clf_stage_0
<IPython.core.display.HTML object>
```



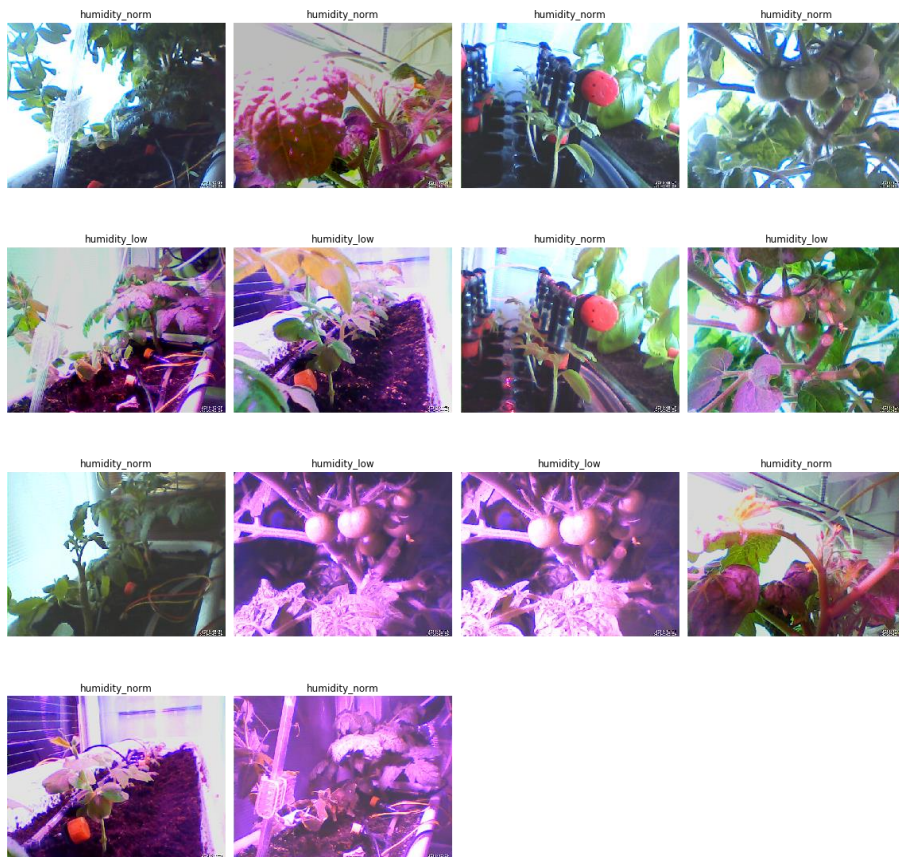
```

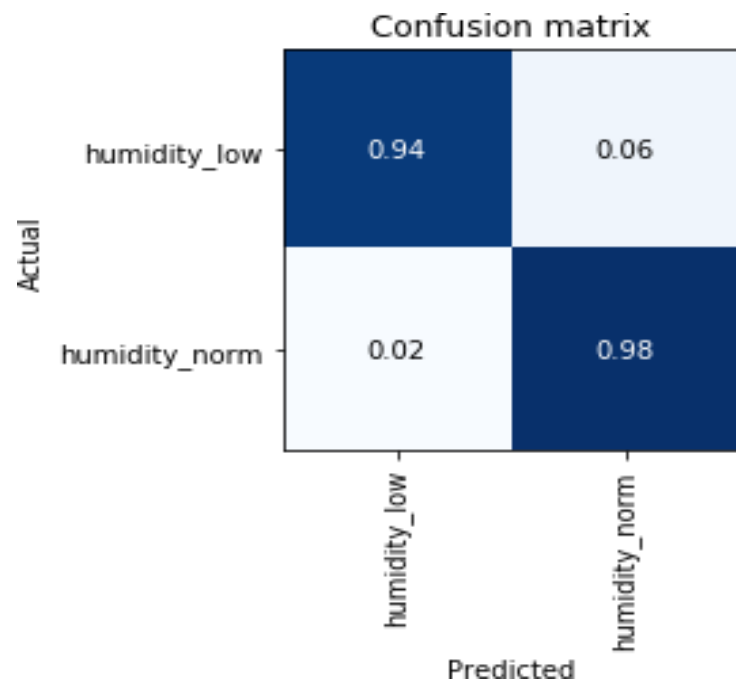
train_model_for_label("humidity")
Selecting features for humidity
classifier...
image_path humidity
    
```

```

0 box2_photos/old-data/20190816114000-
  snapshot.jpg humidity_norm
1 box2_photos/old-data/20190816120000-
  snapshot.jpg humidity_norm
2 box2_photos/old-data/20190816122000-
  snapshot.jpg humidity_norm
3 box2_photos/old-data/20190816124000-
  snapshot.jpg humidity_norm
4 box2_photos/old-data/20190816130000-
  snapshot.jpg humidity_norm
humidity_norm 1381
humidity_low 263
Name: humidity, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...
<IPython.core.display.HTML object>
Saved weights in clf_humidity_0
<IPython.core.display.HTML object>

```

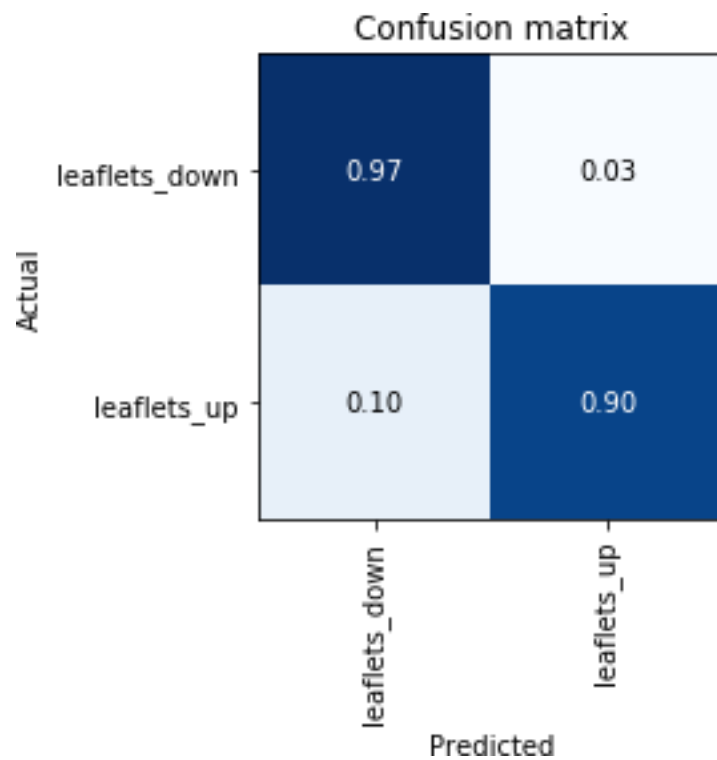
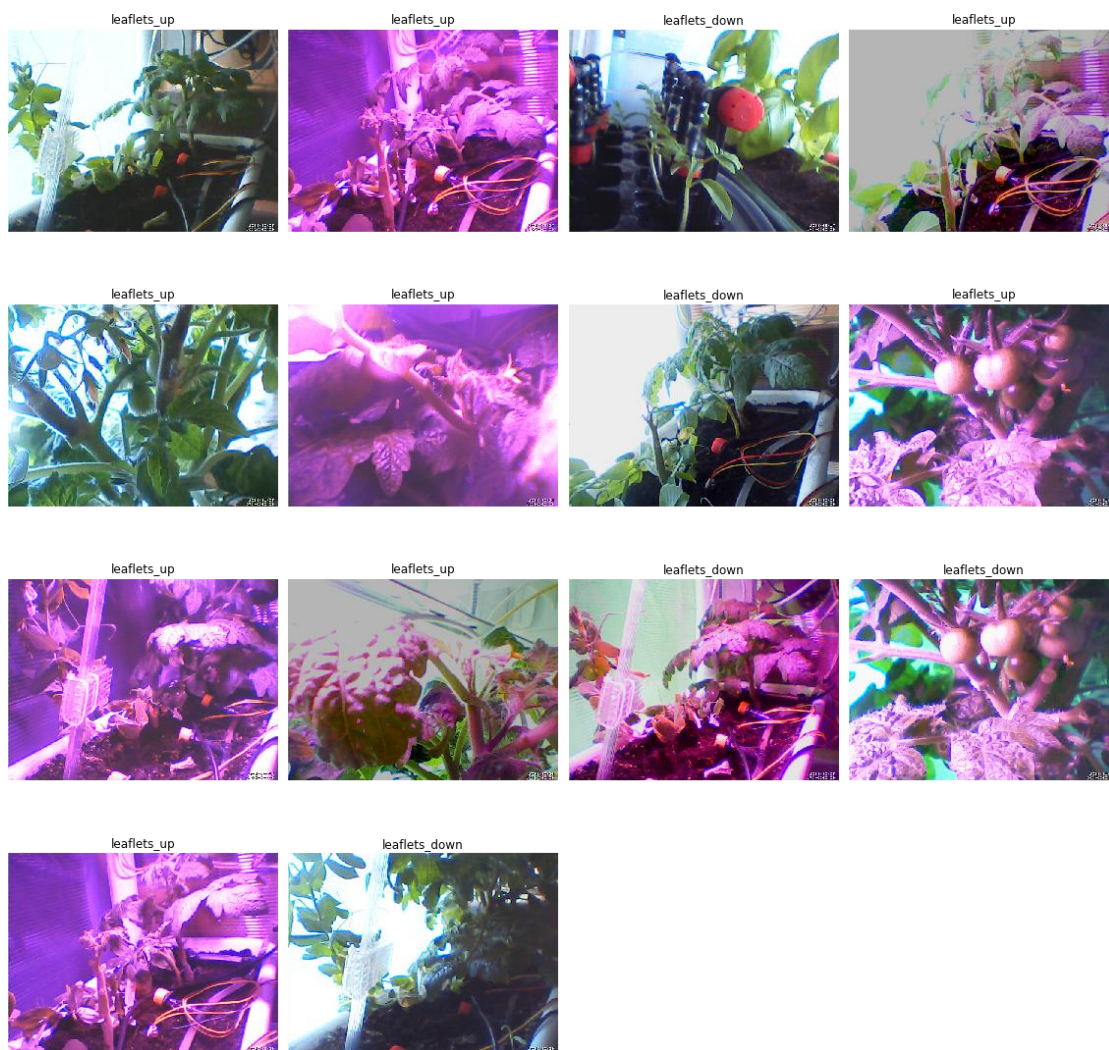




```

train_model_for_label("leaflets")
Selecting features for leaflets
  classifier...
image_path leaflets
0 box2_photos/old-data/20190816114000-
  snapshot.jpg leaflets_up
1 box2_photos/old-data/20190816120000-
  snapshot.jpg leaflets_up
2 box2_photos/old-data/20190816122000-
  snapshot.jpg leaflets_up
3 box2_photos/old-data/20190816124000-
  snapshot.jpg leaflets_up
4 box2_photos/old-data/20190816130000-
  snapshot.jpg leaflets_up
leaflets_up 955
leaflets_down 689
Name: leaflets, dtype: int64
Creating databunch...
Starting training...
<IPython.core.display.HTML object>
Saved weights in clf_leaflets_0
<IPython.core.display.HTML object>

```



```
df.labels.head()
```

```
0 stage_growing,humidity_norm,light_norm,leaflet...
1 stage_growing,humidity_norm,light_norm,leaflet...
2 stage_growing,humidity_norm,light_norm,leaflet...
3 stage_growing,humidity_norm,light_norm,leaflet...
4 stage_growing,humidity_norm,light_norm,leaflet...
Name: labels, dtype: object
```

*IV Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

УДК 621.326

Данильців О.–ст. гр. СНм-51

Тернопільський національного технічного університет імені Івана Пулюя

Хом'як А.–ст. гр. СНм-51

Тернопільський національного технічного університет імені Івана Пулюя

Назаревич Т.–ст. гр. ТР-104

Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ РОСЛИН В РОЗУМНИХ ТЕПЛИЦЯХ

Науковий керівник: к.т.н., доцент Назаревич О.Б.

Danyltsiv O.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Khomiak A.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Nazarevich T.

Technical College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

USE OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM IN ASSESSING THE CONDITION OF PLANTS IN REASONABLE GREENHOUSES

Supervisor: Ph.D., Associate Professor of Computer Science,
Nazarevich O.

Ключові слова: Розумна теплиця, штучний інтелект, нейронна мережа.

Keywords: Smart greenhouse, Artificial Intelligence, Neural network.

Розумна теплиця, що використовує засади штучного інтелекту як ключового принципу функціонування являє собою конструкцію, основні процеси в якій автоматизовані за допомогою моделі нейронних зв'язків, комп'ютерного бачення та відповідних датчиків росту рослин.

В основі StrikhaAI лежить концепція пристрою для вирощування різного виду рослин за допомогою підтримки автоматичного поливу, регулювання освітленості, температурних показників та інших чинників, які створюють сприятливий мікроклімат для насіння з подальшим його регулюванням на мобільному пристрої або ж через Інтернет.

Сам прототип містить температурні датчики, вентилятор, обігрів, полив рослин який налаштовано на автоматичну роботу, базуючись на зібраних попередньо даних. Зібрані показники формують чотири основні графіки, які подано нижче на рис. 1.

IV Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

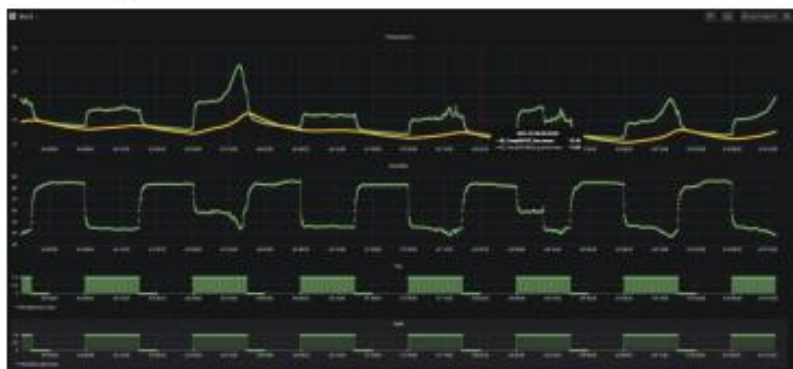


Рис. 1 Графіки температури, вологості, провітрювання та освітленості системи

Теплиця обладнана камерами, які інтервально роблять знімки рослин для того, щоб в подальшому можна було проаналізувати їх стан та сформувавши чіткі рекомендації стосовно догляду. Ці дії відбуваються за допомогою застосування штучного інтелекту нейронних мереж, що на основі великої бази фотографій рослини та моделі нейронних зв'язків навчилися визначати стан вирощуваного продукту.

В даній роботі використовується Deep Neural Networks (DNN) включно з процесом тренування нейронної мережі, де на виході отримано таблицю-результат тренування та Confusion matrix, що показано на рис. 2.

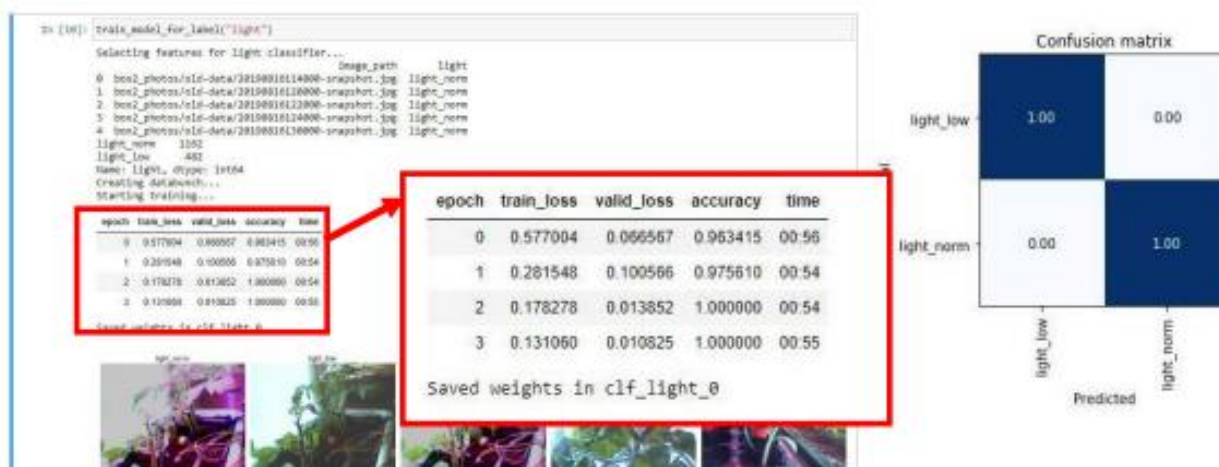


Рис. 2 Результати тренування моделі та Confusion matrix для колонки з показниками освітленості

Основною метою використання матриці є оцінка якості виводу класифікатора на наборі даних.

Список використаних джерел:

1. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, – 2019.
2. БАГАТОРІВНЕВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕКОМОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ SMART GROWING BOX / О. Б. Назаревич, А. О. Волоха, О. Г. Зимницький. // МАТЕРІАЛИ XVI науково-технічної конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених. – 2019. – С. 227–229.

УДК 621.326

О. Данильців – ст. гр. СНим-61, А. Хом'як – ст. гр. СНим-61, Т. Назаревич – ст. гр. ТР-204, О.Б. Назаревич – науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)
(Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ РОСЛИН В РОЗУМНИХ ТЕПЛИЦЯХ

UDC 621.326

O. Danytsiv, A. Khomiak, T. Nazarevych

THE USE OF NEURAL NETWORKS FOR STUDY THE CONDITION OF PLANTS IN SMART GREENHOUSES

Ключові слова: Нейронна мережа, Матриця «плутанини», Глибинне навчання.

Key words: Neural network, Confusion matrix, Deep learning.

Останні десятиліття цікавість людей до штучних нейронних мереж значно збільшилась. Це відбувається у зв'язку із впровадженням концепції SMART у різні сфери сучасного життя. Одною з унікальних можливостей таких мереж являється здатність узагальнювати інформацію та автоматично представляти висновки роботи.

Ключовим завданням даного дослідження є адаптація алгоритму тренування штучної нейронної мережі, з використанням GPU та з можливістю оцінки стану рослин на основі їх фото для застосування в інформаційній технології керування розумними міні-теплицями.

Прототип для роботи включає датчики температури, систему провітрювання, обігрів, крапельний полив рослин. Об'єкт оснащено веб-камерами для попереднього збору інформації та графічних зображень, на основі яких проводиться навчання нейронної мережі, а в подальшому формуються чіткі рекомендації стосовно догляду тої чи іншої культури.

Після проведення процесу тренування моделі отримуємо таблицю з результатами. Вона представлена на рисунку 1.

epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	0.577004	0.066567	0.963415	00:56
1	0.281548	0.100566	0.975610	00:54
2	0.178278	0.013852	1.000000	00:54
3	0.131060	0.010825	1.000000	00:55

Saved weights in clf_light_0

Рисунок 1. Вихідна таблиця результатів тренування моделі

Як результат використання Deep Neural Networks (DNN) отримуємо також Confusion matrix. Саме ця матриця дає зрозуміти наскільки якісно проведено етап навчання. Діагональні елементи представляють кількість точок, для яких передбачувана мітка дорівнює справжній мітці моделі, а поза діагональними елементами – ті, які неправильно позначаються класифікатором.

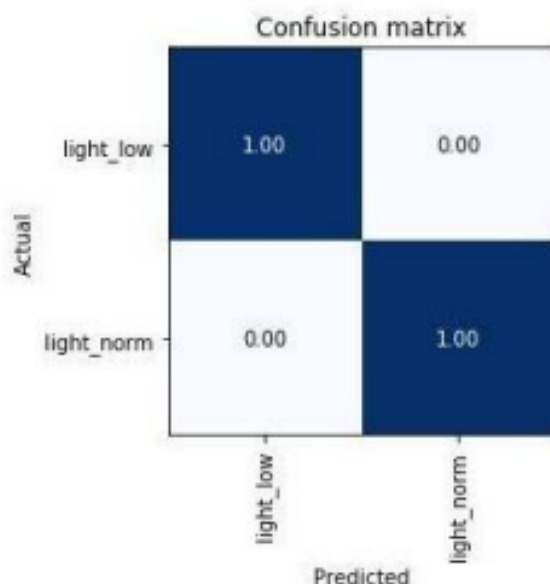


Рисунок 2. Confusion matrix для колонки з показниками освітленості

Таким чином можна не лише адаптувати алгоритм для певного набору даних, але й удосконалити інформаційну технологію моніторингу та керування «розумними» теплицями з подальшим отриманням порад стосовно підвищення ефективності росту рослин у ній.

Література

1. Данильців О. Б. Usage of Artificial Intelligence Systems and Working with the Neural Network in Assessing the Condition of Plants in Smart Greenhouses / О. Б. Данильців, А. С. Хом'як, О. Б. Назаревич. // *Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop*. – 2021. – С. 218–230.
2. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ РОСЛИН В РОЗУМНИХ ТЕПЛИЦЯХ / О. Б. Назаревич, О. Б. Данильців, А. С. Хом'як, Т. О. Назаревич. // *IV Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання»*. – 2021.
3. БАГАТОРІВНЕВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕКОМОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ SMART GROWING BOX / О. Б. Назаревич, А. О. Волоха, О. Г. Зимницький. // *МАТЕРІАЛИ XVI науково-технічної конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених*. – 2019. – С. 227–229.

Usage of Artificial Intelligence Systems and Working with the Neural Network in Assessing the Condition of Plants in Smart Greenhouses

Olha Danyltsiv, Andrii Khomiak, Oleg Nazarevych

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ruska Street, 56, Ternopil, Ternopil region, 46001, Ukraine

Abstract

The paper proposes an approach to solving the problem of recognizing the state of plants using a neural network for use in information systems for monitoring and managing the microclimate for smart growing boxes and smart greenhouses. The developed smart greenhouse prototype is presented, which includes information technology for monitoring temperature, humidity, soil and recording photos of plants and further analysis of plant condition using a neural network (deeplearning). In addition, a telegram-bot interface is built for easier control light, temperature and other factors that create a favourable microclimate for a particular type of plants and manage through smartphone.

The main purpose of the work is to adapt the algorithm for training an artificial neural network using a GPU and the ability to assess the condition of plants based on photos for use in information technology control of smart greenhouse prototype.

Keywords 1

Artificial intelligence, smart greenhouse, deeplearning, plant physiology

1. Introduction

In recent decades, there has been an increased interest in neural networks in connection with the implementation of the SMART concept in various spheres of human life. Neural networks started to be explored and introduced into everyday life not only by specialists in technology, physiology and psychology but also by ordinary users. This is logical, because the artificial neural network, in fact, is a model of the natural nervous system of a living organism, so the creation and study of such networks allows us to learn more about the functioning of natural systems [1].

An important factor and a unique feature of the process is that the neural network draws certain generalized conclusions automatically. Due to its structure, it is able to analyze, compare, process information without requiring any specific programs. Another property of neural networks is reliability. Even when some elements of the network work incorrectly or simply fail, the network is still able to give the correct results, albeit with less accuracy.

There are special types of neural networks, they are able to generate an abstract image, which is based on input signals. As an example, a network is a sequence of distorted images of a symbol, letter, or punctuation mark. After training, the network will be able to generate this input without distortions.

This indicates that the network is able to generate unique conclusions based on the input information obtained during training using the finished dataset.

Thus, today the study of neural network training methods is a really relevant topic that can be applied to the concept of SMART greenhouse management.

MoMLeT+DS 2021: 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science, June 5, 2021, Lviv-Shatsk, Ukraine

EMAIL: olhadanyltsiv@gmail.com (O. Danyltsiv); andrewhamster@hotmail.com (A. Khomiak); taltek.te@gmail.com (O. Nazarevych)

ORCID: 0000-0002-2014-0997 (O. Danyltsiv); 0000-0002-1763-868X (A. Khomiak); 0000-0002-8883-6157 (O. Nazarevych)



© 2021 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).
CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

The main purpose of the work is to adapt the algorithm for training an artificial neural network using a GPU and the ability to assess the condition of plants based on photos for use in information technology control of smart greenhouse prototype.

In our research we distinguish the following tasks:

1. Choose the type of neural network for the classification and assessment of plants.
2. Form, organize, filter and systematize a dataset for network research (training) with the help of smart greenhouse management information technology.
3. Carry out the marking of the condition of a plant on the basis of the formed dataset.
4. Implement neural network training using GPU.
5. Evaluate the results obtained.

2. The concept of artificial neural network

Since the 1980s, the interest in artificial neural networks grew rapidly. Specialists in various fields of technical design, philosophy, physiology and psychology were interested in the opportunities provided by this technology. They actively sought to apply it in their fields within development projects and research.

In 2007, Jeffrey Hinton at the University of Toronto developed algorithms for deep learning of multilayer neural networks. This event marked the beginning of the active use of artificial neural networks in various spheres of human life. In turn, this gave an impetus to the development of artificial intelligence technology [1].

Artificial neural networks (ARNs) are among the most common classification methods in data mining. They are also a powerful method of forecasting. Such systems, as a rule, learn to solve problems, considering examples in general, i.e. the research is perceived integrally, without any specific programming or any prior knowledge about it.

Two strengths of artificial neural networks are the parallelization of information processing and the ability to self-learn, i.e. to create abstractions.

What is an abstraction? Abstractions are the ability to output an acceptable result based on the data used in the learning process. Such features allow neural networks to solve large-scale problems that are still considered difficult to solve. Despite this, artificial neural networks cannot provide ready-made solutions directly; they need to be integrated into more complex systems instead. For example, complex problems can be divided into simpler ones, which will be solved by neural networks [2].

The main features of artificial neural networks are:

1. The obviousness of the answer. For example, if we consider the classification problem, the neural network can be designed to provide information not only about the class of input data but also about the reliability of the result. Such information will provide an opportunity not to take into account questionable decisions of the neural network [1].
2. Nonlinearity. Because the activation function of each neuron is often chosen to be nonlinear, the network as a whole can mimic much more complex nonlinear functions. This allows the ANN to approximate functions of almost any complexity. The only limitation is the number of neurons and the structure of the network connections.
3. Clear correspondence of the input information to the output.
4. Adaptability. Neural networks learn to flexibly solve problems. In particular, they can be retrained quite easily if the fluctuations in environmental parameters are insignificant. Also, high adaptability allows the reliable use of neural networks in non-stationary environments. However, it should be noted that high adaptability can lead to unstable behaviour of ANN. If it quickly adapts to certain stimuli when changing the coefficients, it can significantly affect further performance. That is, high adaptability can lead to loss of stability and vice versa. This is usually called the problem of stability-plasticity.
5. Fault tolerance. A well-trained neural network can function properly, even if several of its neurons fail. This would allow for the implementation of neural networks on a physical level and confidence in the reliability of the chosen architecture. Because the information needed for the network to function is distributed in each neuron, the entire network can fail only if its structure is severely

damaged, while minor damage will never seriously affect performance. This is an obvious advantage of ANN.

6. Ability to scale. The architecture of neural networks makes it very easy to perform a large percentage of calculations simultaneously. This allows a minimal amount of effort to transfer or scale systems based on artificial neural networks.

3. Types of neural networks

Neural networks are divided into single-layer and multilayer ones [3].

The set of neurons combined in one layer is called a single-layer neural network. A multilayer neural network is formed when the combination of single-layer neural networks into a single entity takes place [4].

Multilayer networks between input and output data have several layers of hidden neurons. These layers add more nonlinear connections to the model. They provide greater accuracy in the process. For example, a multilayer perceptron with sigmoid activation functions is able to approximate an arbitrary functional dependence.

It should be noted that an important advantage of neural networks over classical means of classification and prediction is their ability to learn [4].

The very phrase "teach the neural network" means to show it what exactly is expected of it in action. This process can be compared to teaching numbers to a child. After showing a picture with the image of the number "5" to a child, we later ask: "What is this number?". In that case, if the answer is incorrect, we tell the child the correct answer, i.e.: "This is the number five". The child remembers this example together with the correct answer, i.e. in their memory, there are certain changes in the right direction. Then we will repeat the process of presenting the numbers again and again until everything is studied.

When teaching a neural network, similar actions are performed. That is, we have a database that contains materials for training (in the case of this research the materials are graphical).

Presenting the image to the input system of the neural network, we get a certain answer from it.

It is important to note that after repeated presentation of the examples, the weights of the neural network are stabilized and it gives the correct answers to all (or almost all) examples from the database. In this case, it is said that "the neural network has studied all the examples", "the neural network has been taught", or "the neural network has been trained". In software implementations, we can see that during the learning process the magnitude of the error (the sum of the squares of errors for all outputs) gradually decreases. When the margin of error reaches zero or an acceptable low level, the training is stopped, and the resulting neural network is considered trained and ready for use on new data.

All the information that the neural network has about the task is contained in a set of examples. Therefore, the quality of neural network learning directly depends, first of all, on the number of samples in the training database, as well as on how fully and holistically these samples describe this task. That is, for example, it makes absolutely no sense to use a neural network to predict the financial crisis if the training sample for crisis prediction is not presented. It is believed that for a full-fledged training of the neural network one would need at least a few dozen (preferably hundreds of) examples.

It is worth mentioning that teaching a neural network is a rather complex and knowledge-intensive process. Learning algorithms for such systems have different parameters and settings, and to manage them one has to have an understanding of their impact.

4. Types of training

As mentioned in the previous paragraph, in order for a network to solve the tasks set before it, it must first be trained. This ability is considered the main property of the brain. Next, the relationship between the type of training and its effectiveness has to be considered. The learning process for such systems involves adjusting the structure of connections between individual neurons and synaptic connections that affect the signals of the coefficients. Such complexes allow the neural networks to solve the tasks effectively. Basically, neural network learning is based on a sample set (data set). Scientists and researchers in this field have developed special algorithms for teaching neural networks.

Such algorithms allow to increase the efficiency of response to input signals and expand the scope of their application.

Examples of these are the so-called Hebb training (Donald Hebb, who hypothesized training based on the neuroplasticity), Rosenblatt (he is considered the founder of the perceptron), Alexei Ivakhnenko and Valentin Lapa (researchers of the first working multilayer neural networks). Such algorithms allow to increase the efficiency of response to input signals and expand the scope of their application.

A large number of different technologies are used for machine learning. In particular, discriminant analysis, Bayesian classifiers and numerous other mathematical methods can be used. But at the end of the 20th century, artificial neural networks (ANN) started receiving more and more attention. Now they are not only used in various spheres of economic and social activities, but are increasingly used by ordinary people. One of the largest bursts of interest in them began in 1986, after the significant development of the so-called "method of backpropagation", which was successfully used in the training of the neural network.

ANN is a system of connected and interacting artificial neurons, built on the basis of relatively simple processors. Each ANN processor periodically receives signals from one processor (or from sensors or from other signal sources) and periodically sends signals to other processors. These simple processors, which are arranged into a network, are able to solve quite complex problems.

Most often, neurons are arranged in the network by levels (which are more often called layers). Let us have a look at a multilevel neural network. First-level neurons are usually input neurons. They receive data from the outside (for example, from the sensors of a particular recognition system) and after processing transmit pulses through the synapses of neurons at the next level. Neurons at the second level (this level is called hidden because it is not directly connected to either the input or output of the ANN) process the received pulses and transmit them to the neurons at the output level. The simulation of neurons is involved in the process, hence each input-level processor is associated with several hidden-level processors, each of which, in turn, is associated with several output-level processors. This is the architecture of the simplest ANN, which is capable of learning and can find simple connections in the data.

Deep learning is applied only to more complex artificial neural networks containing several hidden levels. At the same time levels of neurons can alternate with layers that carry out difficult logical transformations or calculations. Each subsequent layer of the network looks for connections in the previous one. An ANN arranged in this way is able to find not only simple connections but also links between connections. Google is a fine example of employing a similar system. After the transition to a neural network with the in-depth learning, the company has managed to dramatically improve the quality of its popular product Google Translate.

To summarize, there are three types of artificial neural network training: with a teacher, without a teacher, and mixed.

ANN training with a teacher is one of the most popular ways. It basically contains a change in weight coefficients using training examples. For each input example, there is a corresponding output vector. In the process of training, an example is selected randomly, and the neural network forms the original vector based on the example. This vector is compared with the desired one and according to a special algorithm, the process of modification of weighting factors takes place in such a way as to approach the desired vector [4].

When learning without a teacher, the model has a data set without explicit instructions on what to do with it. The neural network tries to find connections in the data on its own, extracting useful features and analyzing them.

Depending on the task, the model organizes the data differently:

- Clustering. Even without special knowledge, you can look at images of animals and divide them into groups by species, simply based on the shape, size or presence of fur, and so on.
- This is called clustering – the most common task for learning without a teacher. The algorithm selects similar data, finds common features, and arranges them into groups.
- Detection of anomalies. Banks can detect fraudulent transactions by detecting unusual actions in the purchasing behaviour of customers. For example, it is suspicious if one credit card is used in two different countries or on different continents on the same day.

- Associations. Considering several key features of the object, the model can predict other cases where a connection is present [1].

5. Description of the research prototype

Passing in the optimizer and loss function is optional, and in many situations fastai can automatically select appropriate defaults.

Learner is also responsible (along with Optimizer) for handling fastai's transfer learning functionality. When creating a Learner the user can pass a splitter. This is a function that describes how to split the layers of a model into PyTorch parameter groups, which can then be frozen, trained with different learning rates, or more generally handled differently by an optimizer.

One area that we have found particularly sensitive in transfer learning is the handling of batch-normalization layers [3]. We tried a wide variety of approaches to training and updating the moving average statistics of those layers, and different configurations could often change the error rate by as much as 300%. There was only one approach that consistently worked well across all datasets that we tried, which is to never freeze batch-normalization layers, and never turn off the updating of their moving average statistics. Therefore, by default, Learner will bypass batch-normalization layers when a user asks to freeze some parameter groups. Users often report that this one minor tweak dramatically improves their model accuracy and is not something that is found in any other libraries that we are aware of.

DataLoaders and Learner also work together to ensure that model weights and input data are all on the same device. This makes working with GPUs significantly more straightforward and makes it easy to switch from CPU to GPU as needed.

Here the developed information part is described. It consists of many levels (such as physical, network and software levels) and provides the collection, retrieval, processing and transmission of information. Such systems allow solving a wide range of tasks of different nature, including organizational tasks [5].

The advantages of "smart" greenhouses, in general, are quite obvious. This is not just a place where plants are completely protected from external negative factors, but can also bear fruit all year round with proper care.

Due to the automation of routine processes, many trivial tasks can be performed without human input.

Of course, not just any "smart" greenhouses are able to grow plants without human intervention, but their capabilities are quite wide.

Such greenhouses are able to maintain a comfortable temperature inside. The room is usually ventilated automatically, so on hot days vegetables, fruits, berries, etc. do not wither in nature-dictated conditions.

- Water the plants at the specified time. The irrigation system is usually automated and extremely easy to operate. This is so that any user, including a novice gardener or a person unfamiliar with the principles of the system, can easily figure the setup out.

The system is also capable of providing automated control of processes, which is of interest to modern science and humanity as a whole. This process is the cultivation of plants that can have different purposes (decorative or for cooking, main course or seasoning). Different species and different environments require different approaches to this process [5].

Smart Growing Box (SGB) is a concept of a physical device for seed germination/plant cultivation, which automatically maintains an ideal environment for a particular plant (lighting provided for the specific part of the day, temperature and humidity or microclimate) [7].

Inside the SGB there is a lamp, a fan and a heater that switches on automatically to maintain a microclimate set according to cloud service recommendations based on SGB location data, the type of plant grown in it and analytical data collected from similar SGBs. Data is exchanged using the MQTT protocol, which is based on the TCP transport layer protocol and implements the publish-subscribe model. Its advantage is low redundancy, which is critical for embedded devices with low power and limited network bandwidth. In this information system, the cloud is a set of services available via the

Internet that provide reception, storage and processing of data received under the MQTT protocol. Cloud data is stored in two types of databases:

- SQL for storing static user data, SGB settings.
- Elasticsearchserver [6] for storage and further machine learning based on analytical data obtained from sensors. The cloud will also have its own ApplicationProgramInterface (API) to interact with the web application, which will duplicate the functionality of the telegram bot and additionally have the visualization of analytical data in the form of real-time graphs within 1 minute.

An intelligent greenhouse that uses the principles of artificial intelligence as a key principle of operation is a design in which the main processes are automated using a model of neural connections, computer vision and appropriate plant growth sensors.

Such constructions are aimed at facilitating the cultivation of plants, reducing and optimizing the time of their care, providing and maintaining a favourable microclimate with mandatory analysis of humidity, temperature, ventilation and more.

So, lets describe standard example of how to fine-tune an ImageNet [17] model on the Oxford IIT Pets dataset [18] and achieve close to state-of-the-art accuracy within a couple of minutes of training on a single GPU.

At first we should imports all the necessary pieces from the library. fastai is designed to be usable in a read-eval-print loop (REPL) environment as well as in a complex software system. Then we connect with standard dataset.

This is an abstraction that represents a combination of training and validation data and will be described more in a later section. The next step is fitting the model. In this case, it is using the 1cycle policy [19], which is a recent best practice for training and is not widely available in most deep learning libraries by default. It is annealing both the learning rates, and the momentums, printing metrics on the validation set, displaying results for example in an HTML table (if run in a Jupyter Notebook, or a console table otherwise), recording losses and metrics after every batch to allow plotting later, and so forth. A GPU will be used if one is available.

In modern natural language processing (NLP), perhaps the most important approach to building models is through fine-tuning pre-trained language models.

Projects like this typically use climate controllers, artificial irrigation systems, ventilation, air irrigation and plant or emergency warning systems. Most smart greenhouse solutions focus on the proper operation of automatic control systems, which allow you to program care actions according to time or depending on the performance of the system sensors.

Modern technology makes it possible to develop smart greenhouses on the basis of a popular platform for IoT (Internet of things) - ESP, which is usually controlled from a mobile device or via the Internet.

Let us look at the principle of the Internet of things in more detail. The very idea that devices can exchange information with each other without human intervention, appeared a long time ago.

The modern "Internet of things" involves network communication of objects that interact with each other and the environment. You can control a variety of devices with your phone from anywhere. However, having a stable uninterrupted internet connection is a requirement. In addition, interconnected devices can perform certain actions without user intervention.

Among the important functions of the Internet of things are the facilitation of everyday life, improving efficiency and quality of work and energy preservation. In general, we can state that there is no clear list of devices for which this approach can be applied. That is, this idea can be implemented in household appliances: a remote control washing machine, or a refrigerator capable of compiling shopping lists and ordering home delivery.

Another option is well-known gadgets that can be worn. There is probably no person who has not heard of fitness trackers and smart watches. IoT also includes cars or other vehicles with an autopilot system (meaning those that can drive without a driver behind the wheel).

However, it is important to note that the Internet of Things is not limited to "smart" appliances. It can be used in any industry where certain processes can be automated. This means it can be useful in almost all spheres of human activity and life. IoT is especially active in the agricultural sector, logistics, and the concept of Smart City. This is useful for cases where there is a need to monitor the condition of objects or to collect large amounts of data for further analysis.

Based on the above, it is logical that the idea of IoT is used in this paper.

A prototype of a smart greenhouse prototype was developed to implement this information technology of monitoring and control. 7.8 As a result of such realization, we have an opportunity to receive data on air and soil temperature and relative humidity. Record the modes of operation of actuators for air ventilation, drip irrigation and heating.

To enable the accumulation of current images of plants in this information technology, webcams and a server for storing photos (Raspberry Pi3) were installed. [8]

The concept of monitoring and control of such a smart greenhouse prototype is shown in the figure below.



Figure 1: The concept of monitoring and management of a smart greenhouse prototype

The general concept of the prototype of such a smart greenhouse prototype can be seen in the video [9].

It is based on the concept of a device for growing different types of plants by supporting automatic watering, light control, temperature and other factors that create a favourable microclimate for a particular type of seed [8].

The prototype itself contains temperature sensors, automated ventilation and heating, based on pre-collected data on a particular plant. An important element of a smart greenhouse is also watering, set for certain hours or days. The collected indicators form four main graphs, which are presented below in Figure 2.



Figure 2: Graphs of temperature, humidity, ventilation and lighting of the system

To display graphs of monitoring indicators of smart greenhouse prototype the Grafana system, which is hosted on the management server of smart greenhouse prototype, was used [10].

The greenhouse is equipped with cameras that take pictures of plants at set time intervals in order to further analyze their condition and make clear recommendations for care. These actions occur through the use of artificial intelligence neural networks.

6. Description of the software algorithm

In any process of work, development or research stages are usually outlined. When the project is divided into clearly defined tasks, the implementation is more convenient and issue-free.

6.1. Description of the dataset structure

Neural network learning begins with the preparation of materials. These materials are usually marked images of objects, in our case – photos that will need to be recognized. It is with their help that the neural network is trained. In fact, in this way we teach the NN to analyze what exactly is depicted in the photo and the condition of the object depicted. However, in order to have this "training data" in the form required, it is necessary to form such a database.

The so-called "raw" data is a large sample of photos taken at intervals using a webcam in the developed box. What it looks like at the beginning is shown in Figure 3.

Input data encompasses the names of the photos, the photos themselves that contain some info about the plant, the stage of its growth, as well as water and temperature levels. The data also includes temperature conditions in the room where the experiment is performed, the temperature outdoors, the temperature of the ground for plants and the temperature in the experimental box with plants.

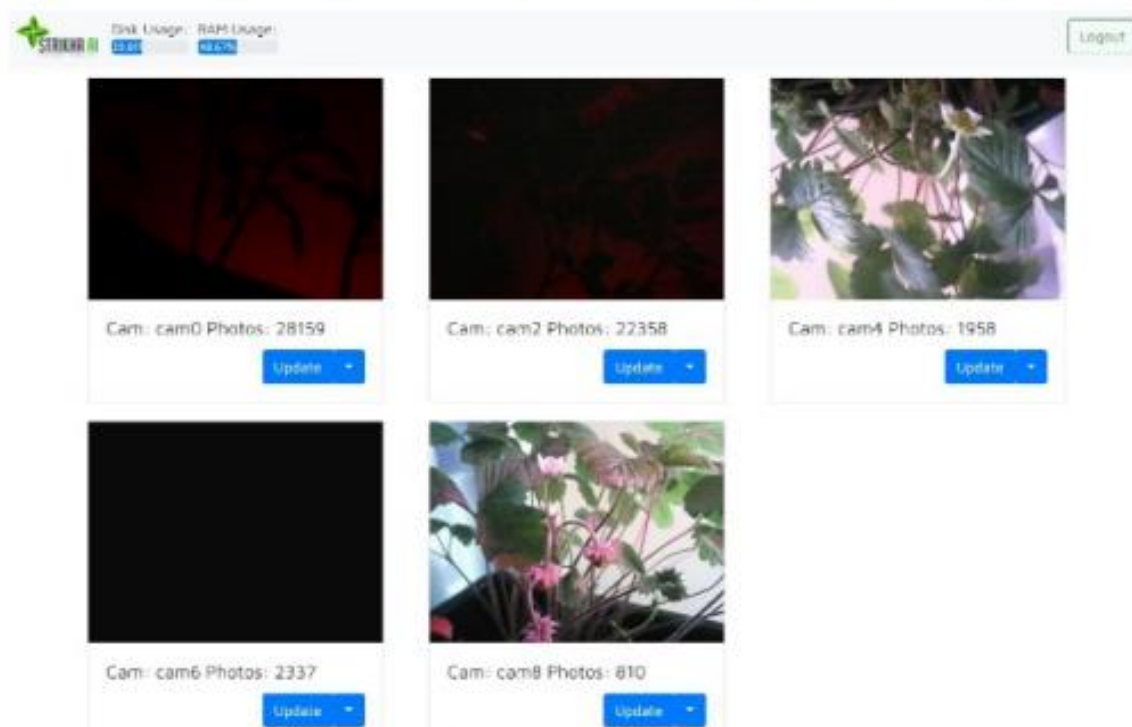


Figure 3: Learning objects for database formation

Brief characteristics of the plant are the data given as to whether it is well lit, watered sufficiently, whether the leaves stretch upwards or wither, etc. Some of them are given below:

- • Temp_outside.
- • Temp_room.
- • Temp_box.

- Temp_ground.
- Is_fito_lamp_on.

In our case, the authors do not follow strict terms to describe the condition of plants in terms of plant physiology. The authors have formed a simplified list of markers of plant condition, as the goal is to focus on the adaptation of techniques and training of the neural network.

6.2. Neural network training

The following tools are used to implement the training process:

- Anaconda is a common Python platform for data processing. The platform includes a collection of about 200 open-source packages and Intel MKL optimization. The platform specializes in "scientific computing": the science that deals with data, application of machine learning methods, large-scale info processing, forecasting etc. The use of the platform provides for simplified management of packages and their deployment [11];
- Anaconda Navigator is a desktop user interface that is part of the Anaconda distribution and allows users to run related programs and manage packages, among others.
- Conda is a freely and openly distributed cross-platform and language-agnostic package manager and Anaconda environment management system that installs and updates the packages and their dependencies. Originally designed for Python programs, today it can package and distribute software for a very wide range of languages.
- Python is one of the most powerful and widely used programming languages, which is quite easy to master without special skills. It has efficient high-level data structures and a simple but effective approach in terms of object-oriented programming [12].

It is also important to note that the list of existing Python libraries provides a wide range of tools for solving problems related to the creation of artificial intelligence and data analysis. With their help, engineers and scientists can cope with the tasks of image analysis, text and visualize the analyzed data much easier.

Python is also successfully used to implement Geographic Information Systems (GIS): cartography, geolocation, and GIS programming.

Typically, the advantage of Python over specialized languages created by scientists for scientists is that it is much easier for programmers to do more scientific tasks without learning a separate language each time. Also, using the Python language, the user will be able to more easily integrate the solution of a scientific problem with the practical goals of the project itself. Therefore, if there is a need for scientific calculations or data analysis one should consider this programming language.

During program development, the main packages used are:

- Pandas is one of the Python libraries that works with tabular data and has the technology to optimally process it. The library introduces two basic concepts that describe the data structures in it: DataFrame is a data object that is best represented in the form of a regular table because it is a tabular data structure. Series is an object similar to a one-dimensional array (an example is a list in Python), but the difference is the presence of associated labels, or so-called indexes, along with each element in a list. This feature turns it into an associated Python array or dictionary.
- The Fast.AI library is a top-level software add-on to the Pytorch package for the Python programming language. All these constructs are designed to facilitate the creation of software models of deep neural networks. Fast library. AI uses the best practices and approaches. At the moment, it has a wide range of opportunities [13]. FastAi is organized around two main design goals: to be approachable and rapidly productive, [15]. We wanted to get the clarity and development speed of Keras [16] and the customizability of PyTorch. This goal of getting the best of both make us to design of a layered architecture.
- NumPy is a Python language library for working with multidimensional data arrays. Typically, these arrays are indexed by positive integers. The data that the library works with is homogeneous. So what does that mean? Homogeneity of data allows optimizing work in comparison with standard lists of language [14].

- **Scikit_Learn** - Another library of machine learning software for the Python programming language. It is closely related to the previous library, as it is Scikit_Learn that mainly takes NumPy arrays as input.

There is a number of different work teams that were used in our study. For example, the `pd.read_excel` command is used to read a markup file. Then file names are converted to the file path on a disk.

Later, we filter the files, because only those that are on the disk are needed for work.

Let's move on to the method that trains the model for this target variable (`label_name`) based on the pre-trained ResNet34 architecture (ResNet is an abbreviated name for Residual Network (see Figure 4)).

Let us move on to ResNet, also known as a residual neural network. In short, it is an artificial neural network (ANN), based on structures known from pyramidal cells of the cerebral cortex.

Residual neural networks do this through bandwidth connections or shortcuts to go through some layers. Typical ResNet models are implemented with two-layer or three-layer passes. They contain nonlinearities and batch normalization between them.

```
tfms = get_transforms()

def train_model_for_label(label_name):
    print(f"Selecting features for {label_name} classifier...")
    df[label_name] = df.labels.apply(partial(get_label_value,
    ↪label_name=label_name))
    data = df[['image_path', label_name]]
    print(data.head())
    print(data[label_name].value_counts())
    print(f"Creating databunch...")
    bunch = ImageDataBunch.from_df(Path("./images/"), data, bs=BATCH_SIZE,
    ↪valid_pct=0.05, ds_tfms=tfms)
    bunch.show_batch(ds_type=DatasetType.Valid)
    print(f"Starting training...")
    model = cnn_learner(bunch, base_arch=models.resnet34, metrics=accuracy)
    model.fit_one_cycle(4)
    model_file = f"clf_{label_name}_0"
    model.save(model_file)
    print(f"Saved weights in {model_file}")
    interpretation = model.interpret()
    interpretation.plot_confusion_matrix(4)
```

Figure 4: Syntax of the model training method

With the command `train_model_for_label ("label_name")` you can see the work of the training algorithm to mark the state of the leaves of the plant. Such training is conducted for all available labels.

6.3. Results

After completing the process of training the model, we obtain the so-called table result, which is shown in Figure 5.

Here you can find information about the stages of neural network learning, training losses, actual losses, the accuracy of training and time spent on each stage.

epoch	train_loss	valid_loss	accuracy	time
0	0.577004	0.066567	0.963415	00:56
1	0.281548	0.100566	0.975610	00:54
2	0.178278	0.013852	1.000000	00:54
3	0.131060	0.010825	1.000000	00:55

Saved weights in clf_light_0

Figure 5: Initial table of model training results

Confusion matrix is also presented as a source element. Its construction is provided by the Sklearn library commands.

The main purpose of using the confusion matrix is to assess the quality of the classifier output on the data set. That does, in fact, show how accurate our model is. Diagonal elements represent the number of points for which the expected label is equal to the real label, and outside the diagonal elements – those that are marked by the classifier incorrectly. The higher the value of the diagonal numbers of the confusion matrix, the better (the values themselves range from 0 to 1), as this indicates a large number of correct predictions.

Figure 6 shows the confusion matrix for training the lighting threshold.

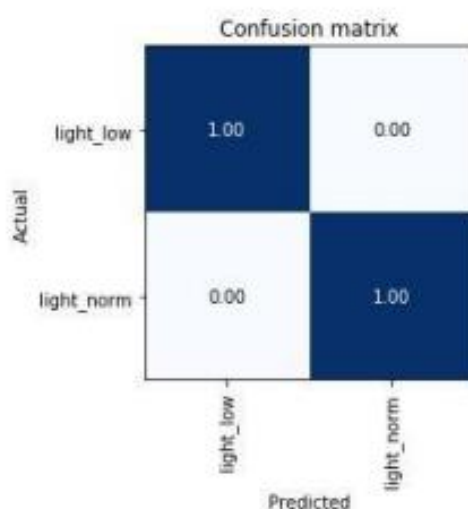


Figure 6: Training quality matrix for the illumination column model

Analyzing the matrix in relation to the above, we see that since the diagonal elements are equal to ones and the lateral elements to zeros, the quality of the neural network is satisfactory, and the training has been conducted correctly.

We shall present the same matrices for some other characteristics. For example, the matrix for the label "leaf position" is shown in Figure 7, and for the values of "humidity" – in Figure 8.

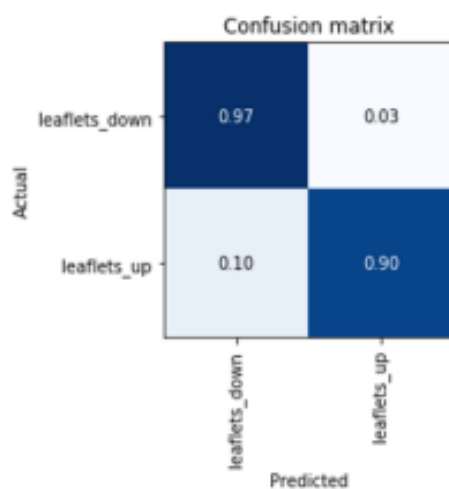


Figure 7: Training quality matrix model for the position of plant leaves

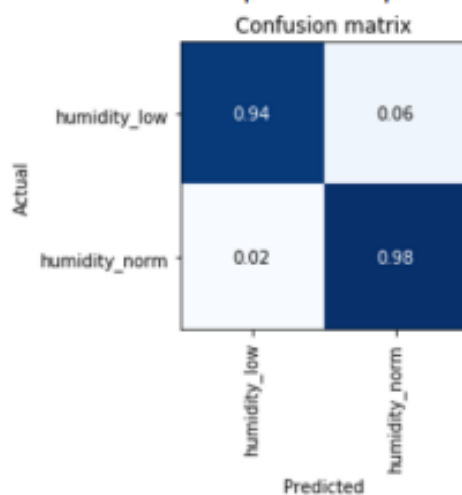


Figure 8: Training quality matrix model for humidity values

If the matrices on the diagonals are different from the unit value but quite close, this is similarly an indicator of the high quality of the algorithm.

It should be noted that the algorithm itself shows the method of image classification. That is, if you focus, for example, on the characteristics of lighting, it highlights the most contrasting images in this regard and divides them into certain groups. This ensures better network performance in the future.

6. Conclusions

A result of the constructed prototype of the smart greenhouse prototype and using information technology to monitor and manage the prototype, a set of observation data for the period of plant growth (within 20 days) was formed.

The neural network was adapted for the studied dataset, machine learning was performed using the deeplearning network and the corresponding reliable learning results were obtained, as evidenced by the training quality matrices.

As a result of the training, the available information technology of monitoring and management of a smart greenhouse prototype and an opportunity to receive a condition of plants on the basis of a photo from webcams placed in it was improved.

Regarding the further development of this project, the need for more rigorous formalization of the list of markers in accordance with the requirements of plant physiology should be noted. After making such changes to the list of markers for the formation of a new dataset and retraining of the neural network.

In this study, we have discussed the advancements of CNN in image classification tasks in general too. We have experienced that combining inception module and residual blocks with conventional CNN model, and ResNet gained better accuracy than stacking the same building blocks again and again.

In fact, the proposed prototype has two directions of further development: for smart growing box, which can be placed in a house or apartment (for growing greenery or seedlings) and for smart greenhouse which are usually placed on land. In both cases, it will be important to implement this system for assessing the condition of the plant on the base of the proposed approach to the construction of a neural network.

7. References

- [1] X. B. Olabe, *Redes Neuralna Artificiales y sus Aplicaciones* Format Impreso: Publicaciones de la Escuela de Ingenieros, 1998.
- [2] M. Minsky, S. Papert, *Perceptrons*, Mir, Moscow, 1971.
- [3] D.V. Efimov, V.A. Terekhov, I.Yu. Tyukin, *Neural network control systems: Textbook. Manual for universities*. Moscow, 2002.
- [4] P.M. Hrytsiuk *Application of artificial neural networks for long-term forecasting of grain yield 2018*.
- [5] O. Nazarevych, A. Volokha, O. Zymnytsky. *Multilevel information system of ecomonitoring and climate control Smart Growing box*, Innovative technologies: Materials of XVI scientific and technical. conf. students, graduate students, doctoral students and young scientists, INTL NAU, Kyiv, 2019.
- [6] R. Kuc, M. Rogozinsk, *Mastering Elasticsearch*, Second Edition, 2015.
- [7] F. Xia, L. Yang, L. Wang, A. Vinel, *Internet of Things*, International Journal of Communication Systems, no. 9, vol. 25, Wiley, 2012. doi.org/10.1002/dac.2417
- [8] O.B. Nazarevych, V. Melnyk, *Information technology of eco-monitoring of the farm for germination of microgreens based on the Raspberry Pi3 platform using*, Proceedings of the scientific conference of Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Ternopil, 2019.
- [9] StrikhaAI DD SLIDESHOW, 2019. URL: <https://youtu.be/NYeijedEHA4>.
- [10] Grafana: The open observability platform. Grafana Labs. URL: <https://grafana.com/>.
- [11] A. Matthes, J. Tacke, *Python Programming: 3 Manuscripts Crash Course Coding With Python Data Science*, 2020.
- [12] J. Joshua Thomas, P. Karagoz., B. Bazeer Ahamed, P Vasant, *Deep Learning Techniques and Optimization Strategies in Big Data Analytics*, 2020.
- [13] A. Anisimova, Y. Doroshenko, S. Pogoriliy, Y. Dorogy, *Programming of numerical methods in Python language*, Kyiv, Kyiv University Publishing and Printing Center, 2014.
- [14] L. Chin, T. Dutta, *NumPy Essentials*, 2016.
- [15] J. Howard, S. Gugger, *Deep Learning for Coders with fastai and PyTorch: AI Applications Without a PhD*, 1st ed., O'Reilly Media, Inc., 2020.
- [16] F. Chollet, others, *Keras*, 2015. URL: <https://keras.io>.
- [17] J. Deng, W. Dong, R. Socher, *ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database*, CVPR09, 2009. doi:10.1109/CVPR.2009.5206848
- [18] O. Parkhi, A. Vedaldi, A. Zisserman, C. Jawahar, *Cats and Dogs*, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012. doi: 10.1109/CVPR.2012.6248092.
- [19] L. Smith, *A disciplined approach to neural network hyper-parameters: Part 1 - learning rate, batch size, momentum, and weight decay*, CoRR 2018. doi:abs/1803.09820.
- [20] Ioffe, S.; Szegedy, C. *Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift*. CoRR 2015. doi:abs/1502.03167.