

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ У СФЕРІ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Робота присвячена створенню інтелектуальної інформаційної технології класифікації зображень овочів і фруктів для контролю їх стану під час зберігання. Використано згорткові нейронні мережі, машинне навчання та аугментацію даних у середовищі Kaggle з використанням Python та бібліотек TensorFlow і Keras. На основі датасету "Fruits and Vegetables Image Recognition" побудовано низку моделей, серед яких обрано оптимальну за балансом між точністю розпізнавання та тривалістю виконання. Розроблену технологію можна впровадити на Raspberry Pi або NVIDIA Jetson Nano для автономного моніторингу продукції в овочесховищах.

Ключові слова: інтелектуальна інформаційна технологія, класифікація зображень, нейронні мережі, MobileNet V2, Efficient NetB0, овочі і фрукти.

Abstract

This work is devoted to the creation of an intelligent technology for classifying images of fruits and vegetables to monitor their condition during storage. Convolutional neural networks, machine learning, and data augmentation were used in the Kaggle environment using Python and TensorFlow, and Keras libraries. Based on the dataset "Fruits and Vegetables Image Recognition", several models were built, among which the optimal one was selected in terms of the balance between recognition accuracy and execution time. The developed technology can be implemented on Raspberry Pi or NVIDIA Jetson Nano for autonomous monitoring of products in vegetable storage facilities.

Keywords: intellectual information technology, image classification, neural networks, MobileNetV2, EfficientNetB0, vegetables and fruits.

Вступ

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу питання ефективного та якісного зберігання овочевої продукції набувають особливого значення. Значні обсяги овочів, які потребують тривалого зберігання, вимагають впровадження новітніх технологій контролю та моніторингу їх стану. Традиційні методи контролю, що базуються на ручній перевірці, є малоефективними, потребують значних трудових ресурсів та не гарантують своєчасного виявлення дефектів. На відміну від традиційних методів, машинне навчання ефективно обробляє великі набори даних, виявляє складні закономірності та створює прогностичні моделі для оцінки терміну придатності харчових продуктів [1].

Використання систем комп'ютерного зору та технологій класифікації зображень дозволяє автоматизувати процес моніторингу якості зберігання овочів, оперативно виявляти пошкодження продукції або порушення умов зберігання. Це забезпечує можливість зниження втрат продукції, покращення умов її зберігання та оптимізації роботи овочесховищ [2].

Метою роботи є підвищення точності класифікації зображень овочів та фруктів шляхом розроблення інтелектуальної інформаційної технології на основі моделі машинного навчання.

Результати дослідження

На першому етапі проведено аналіз сучасних методів класифікації зображень, придатних для моніторингу овочесховищ. Визначено, що найбільш ефективними є згорткові нейронні мережі (CNN) та машинне навчання, які забезпечують високу точність і здатність до узагальнення даних [3]. На основі аналізу обґрунтовано вибір CNN як базової моделі.

Для реалізації розробки обрано хмарне середовище Kaggle з доступом до обчислювальних ресурсів GPU і TPU. Програмну частину створено з використанням Python та бібліотек TensorFlow, Keras, NumPy, Pandas, Scikit-learn, що забезпечило повний цикл — від підготовки даних до навчання та тестування моделей.

Для навчання використано датасет “Fruits and Vegetables Image Recognition” [4], який містить зображення продукції у різних умовах. Проведено передоброблення даних, розвідувальний аналіз даних (EDA) та інженерію ознак (FE): досліджено розподіл класів, структуру вибірки, виконано візуалізацію та аугментацію, що підвищило різноманітність і якість даних.

Побудовано та протестовано три моделі (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати роботи моделей [5]

Model	Total params	Test accuracy	Test Loss	Train accuracy	Val accuracy	Training time	Testing time
Custom CNN	137,444 (536.9KB)	0.95	0.55	0.84	0.95	23 min 27 sec	4 sec
MobileNetV2	2,629,092 (10.03MB)	0.98	0.19	0.99	0.98	1 hr 11 min 20 sec	22 sec
EfficientNetB0	4,387,783 (16.74MB)	0.97	0.15	0.97	0.97	12 min 18 sec	16 sec

За таблицею 1 можна зробити висновок, що EfficientNetB0 є найефективнішою моделлю для розпізнавання фруктів та овочів у цьому порівнянні. MobileNetV2 показав найвищу точність, але EfficientNetB0 є більш практичним і ефективним рішенням, оскільки досягає майже ідентичних результатів за значно менший час.

Оптимальну модель класифікації овочів і фруктів на базі EfficientNetB0 порівняно з аналогом на базі MobileNetV2 [6] на тому ж датасеті (табл. 2).

Таблиця 2 – Порівняння результатів роботи розробленої моделі з аналогом

Model	Total params	Test accuracy	Test Loss	Train accuracy	Val accuracy	Training time	Testing time
Розроблена на основі EfficientNetB0	4,387,783 (16.74MB)	0.97	0.15	0.97	0.97	12 m18 s	16s
Аналог на основі MobileNetV2	2,629,092 (10.03MB)	0.94	0.2	0.96	0.96	11m 45s	14s

Розроблена модель забезпечила підвищення точності (метрика “accuracy”) на тестових даних з 0.94 до 0.97, а втрати (“loss”) знизилися з 0.2 до 0.15. Архітектура цієї моделі наведена на рис. 1. Незважаючи на більшу кількість параметрів EfficientNetB0, цей значний приріст якості досягнуто ціною мінімального збільшення тривалості етапів навчання та тестування. Це підтверджує високу обчислювальну ефективність архітектури EfficientNetB0 (рис. 1), роблячи розроблену модель оптимальною за балансом між точністю розпізнавання та тривалістю виконання.

Layer (type)	Output Shape	Param #
efficientnetb0 (Functional)	(None, 7, 7, 1280)	4,049,571
global_average_pooling2d_3 (GlobalAveragePooling2D)	(None, 1280)	0
dropout_5 (Dropout)	(None, 1280)	0
dense_6 (Dense)	(None, 256)	327,936
batch_normalization_6 (BatchNormalization)	(None, 256)	1,024
dropout_6 (Dropout)	(None, 256)	0
dense_7 (Dense)	(None, 36)	9,252

Рисунок 1 – Архітектура оптимальної моделі глибокого навчання на основі EfficientNetB0 [5]

Апаратні рішення інтелектуальної інформаційної технології побудовано на базі Raspberry Pi, який отримує дані від датчика DHT11 і камери Pi для контролю температури, вологості та стану овочів і фруктів (рис. 2).

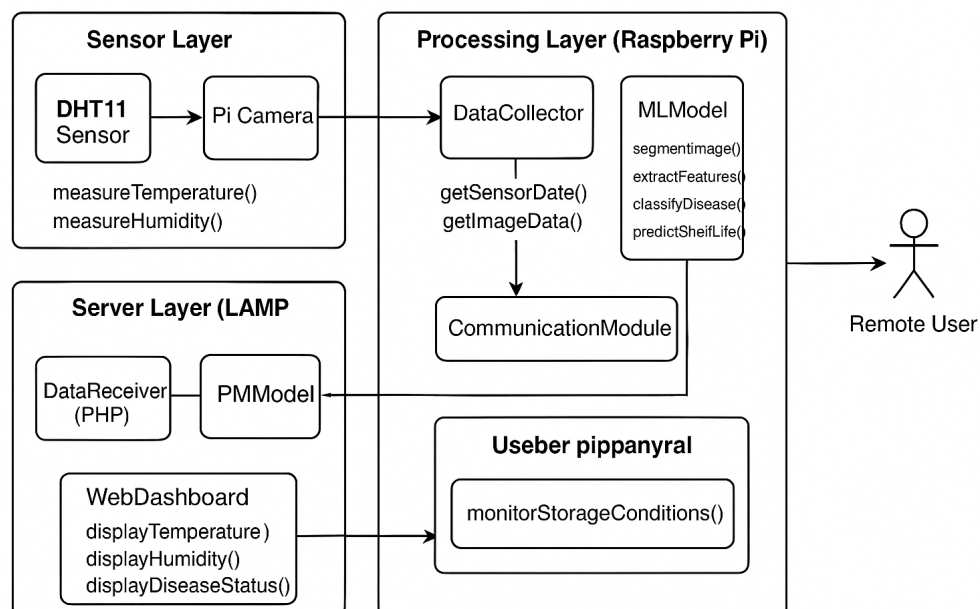


Рисунок 2 – UML-діаграма компонентів системи моніторингу зберігання фруктів і овочів на основі Інтернету речей

Модель машинного навчання обробляє зображення, виявляє захворювання й прогнозує термін придатності продукції. Оброблені результати передаються на сервер LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP), що формує веб-панель для відображення даних у реальному часі. Завдяки використанню IoT-технологій, система забезпечує автоматизований контроль умов зберігання, підвищує ефективність моніторингу та сприяє збереженню якості продукції [7].

У майбутньому система буде навчена і протестована з використанням системи багаторакурсного бачення для збору наборів даних зображень. Крім того, для тестування системи в режимі реального часу над конвеєрною стрічкою буде встановлено освітлювальний бокс з декількома камерами для зйомки зображень фруктів з різних ракурсів [8].

Висновки

Таким чином, розроблена інтелектуальна інформаційна технологія класифікації зображень овочів і фруктів є ефективним інструментом для автоматизації процесів контролю якості та моніторингу стану

продукції. Вона поєднує сучасні досягнення у галузі глибокого навчання та комп'ютерного зору, демонструє високу точність і стабільність роботи, має значний науковий і комерційний потенціал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Li, D., Bai, L., Wang, R., & Ying, S. (2024). *Research Progress of Machine Learning in Extending and Regulating the Shelf Life of Fruits and Vegetables*. *Foods*, 13(19), 3025. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/foods13193025>
2. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережевого) використання [Електронний ресурс] / В. Б. Мокін, М. В. Дратованій – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 258 с. – Режим доступу: <https://docs.vntu.edu.ua/card.php?id=8163>
3. Ярослав Смакота. Зберігання овочів і фруктів: методи та умови - 17 грудня 2024 року, [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/zberigannya-ovochiv-i-fruktiv-metodi-ta-umovi/>
4. Kritik Seth. Fruits and Vegetables Image Recognition Dataset – версія датасета на Kaggle – 2022 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kaggle.com/datasets/kritikseth/fruit-and-vegetable-image-recognition>
5. Роман Лісачов. Classifications of fruit and vegetable images – версія ноутбука на Kaggle – 07.10.2025 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kaggle.com/code/romanlisachov/classifications-of-fruit-and-vegetable-images/edit>
6. Kyeremeh Bright. Fruit and Vegetable Classification. – версія ноутбука на Kaggle. – 2022. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kaggle.com/code/romanlisachov/classifications-of-fruit-and-vegetable-images/edit>
7. Akasha, M., Honnappa Harikantra, S., Thrupthi, P. R., Anappa Alur, V., & Hegde, S.. IoT Based Fruits and Vegetables Storage Monitoring and Machine Learning Based Shelf-Life and Disease Detection System. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 11(6). – 2023. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ijcrt.org/papers/IJCRTX020015.pdf>
8. Daza, A., Zavaleta Ramos, K., Arroyo Paz, A., & Mendoza Rivera, R. D. (2024). Deep Learning and Machine Learning for Plant and Fruit Recognition: A Systematic Review. *Journal of System and Management Sciences*, Vol. 14(No. 3). [Електронний ресурс]. URL: <https://www.aasmr.org/jsms/Vol14/No.3/ Vol.14.No.3.14.pdf>

Лісачов Роман Всеволодович – студент групи 2ІСТ-24м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lisachovroman@gmail.com

Науковий керівник: **Мокін Віталій Борисович** – д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua

Lisachov Roman V. - student of group 2IST-24m, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lisachovroman@gmail.com

Scientific adviser: **Mokin Vitalii B.** – Dr. Tech. Sciences, Prof., Head of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua