

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2026-85-24>

УДК 004.8

ДЕРЖАК Владислав

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0003-6497-1850>

e-mail: [dervv@gmail.com](mailto:dervv@gmail.com)

КЛИМЕНКО Валерія

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5869-4269>

e-mail: [ler.klimenko.8@gmail.com](mailto:ler.klimenko.8@gmail.com)

МОЛЧАНОВА Марина

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9810-936X>

e-mail: [m.o.molchanova@gmail.com](mailto:m.o.molchanova@gmail.com)

СОБКО Олена

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5371-5788>

e-mail: [olena.sobko.ua@gmail](mailto:olena.sobko.ua@gmail)

МАЗУРЕЦЬ Олександр

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8900-0650>

e-mail: [exe.chong@gmail.com](mailto:exe.chong@gmail.com)

## ПРОГРАМНА АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ ДЛЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У роботі запропоновано програмну архітектуру інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних для нейромережової класифікації побутових відходів із використанням керованих хмарних обчислювальних вузлів. Актуальність зумовлена необхідністю стабільної роботи комп'ютерного зору в реалістичних сценах, де якість зображень, фонові завади, блиск і класовий дисбаланс істотно знижують надійність прийняття рішень. На відміну від підходів, у яких підготовка даних є разовим кроком перед навчанням, запропонована система інтегрує контроль якості безпосередньо в цикл навчання і інференсу. Модуль фільтрації відсіює малоінформативні зображення за показниками різкості, контрастності та експозиційної збалансованості з контролем збереження представлення класів; очищена вибірка використовується для донавчання базової архітектури. Реалізацію побудовано на MobileNetV3-Small з перенесенням ознак і заміною класифікаційної голови на 30 класів; виконання, журналювання артефактів і зберігання даних забезпечено на сесіях Google Colab із GPU та сховищем Google Drive/Kaggle, що гарантує відтворюваність і переносимість експериментів. Для користувацької взаємодії створено вебінтерфейс інференсу на Gradio, який надає завантаження зображення, вибір конфігурації моделі та перегляд метрик.

Експериментальну оцінку проведено на наборі Recyclable and Household Waste Classification Dataset, який містить 15 тис. зображень розміру 256×256 у 30 категоріях з контрольованими та реальними сценами. Базова конфігурація на «сирій» вибірці демонструє узгоджені інтегральні показники, однак включення якісно орієнтованої фільтрації дало предметні покращення для чутливих класів: зокрема, для rare\_cups істотно зросли точність і повнота, позитивні зрушення зафіксовано для steel\_food\_cans, clothing та magazines, тоді як для блискучих і малофактурних категорій переважно зменшено помилкові спрацьовування. Отримані результати підтверджують, що підвищення точності класифікації досягається передусім через оптимізацію вхідних даних і дисципліну експерименту в хмарному середовищі, без ускладнення архітектури моделі. Практична цінність полягає у створенні відтворюваного методичного ланцюга від керованої фільтрації до продуктивного застосування, придатного для впровадження на сортувальних лініях і в інфраструктурі циркулярної економіки.

Ключові слова: об'єктно-орієнтовані системи, нейромережова класифікація побутових відходів, фільтрація даних, хмарні технології.

DERZHAK Vladyslav, KLIMENKO Valeriia,

MOLCHANOVA Maryna, SOBKO Olena, MAZURETS Oleksandr

Khmelnitskyi National University

## SOFTWARE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT OBJECT-ORIENTED DATA FILTERING SYSTEM FOR NEURAL NETWORK CLASSIFICATION OF HOUSEHOLD WASTE USING CLOUD TECHNOLOGIES

The paper proposes a software architecture for an intelligent object-oriented data filtering system for neural network classification of household waste using managed cloud computing nodes. The relevance is due to the need for stable operation of computer vision in realistic scenes, where image quality, background noise, glare, and class imbalance significantly reduce the reliability of decision-making. Unlike approaches in which data preparation is a one-time step before training, the proposed system integrates quality control directly into the training and inference cycle. The filtering module filters out low-informative images based on sharpness, contrast, and exposure balance with control over the preservation of class representation; the cleaned sample is used for further training of the basic architecture. The implementation is built on MobileNetV3-Small with feature transfer and replacement of the classification head with 30 classes; execution, artifact logging, and data storage are provided on Google Colab sessions with

GPU and Google Drive/Kaggle storage, which guarantees reproducibility and portability of experiments. For user interaction, an inference web interface on Gradio has been created, which provides image loading, model configuration selection, and metrics viewing.

The experimental evaluation was conducted on the Recyclable and Household Waste Classification Dataset, which contains 15 thousand 256×256 images in 30 categories with controlled and real scenes. The basic configuration on the "raw" sample demonstrates consistent integral indicators, however, the inclusion of quality-oriented filtering gave subject-specific improvements for sensitive classes: in particular, for paper\_cups, accuracy and completeness significantly increased, positive changes were recorded for steel\_food\_cans, clothing, and magazines, while for shiny and low-texture categories, false positives were mainly reduced. The results obtained confirm that the improvement of classification accuracy is achieved primarily through the optimization of input data and the discipline of the experiment in the cloud environment, without complicating the model architecture. The practical value lies in the creation of a reproducible methodological chain from controlled filtration to productive application, suitable for implementation on sorting lines and in the infrastructure of the circular economy.

**Keywords:** object-oriented systems, neural network classification of household waste, data filtering, cloud technologies.

Стаття надійшла до редакції / Received 09.11.2025

Прийнята до друку / Accepted 03.02.2026

Опубліковано / Published 05.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Держак Владислав, Кліменко Валерія,  
Молчанова Марина, Собко Олена, Мазурець Олександр

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Інтенсивне зростання потоків побутових відходів і підвищені вимоги до частки перероблення висувають жорсткі умови до систем комп'ютерного зору, що мають працювати у реалістичних сценах зі змінним освітленням, фоновими завадами, перекриттями та класовим дисбалансом [1, 2]. За таких умов традиційне трактування підготовки даних як одноразового препроцесингу виявляється недостатнім: нестабільність якості зображень, зсуви розподілів і неоднорідність джерел призводять до коливань результатів, а відсутність чіткої програмної організації процесів перешкоджає відтворюваності та масштабуванню [3].

Проблема полягає у відсутності цілісної програмної архітектури, яка розглядає забезпечення якості даних як інтегрований компонент конвеєра навчання і інференсу [4]. Необхідна система має поєднувати об'єктно-орієнтоване моделювання сутностей і сервісів із чіткими відповідальностями [5]: контроль і фільтрацію зображень за показниками інформативності, управління версіями датасетів і моделей, моніторинг експериментів, а також узгоджену інтеграцію з нейромережевими компонентами класифікації [6]. Окремим викликом є забезпечення відтворюваності та керованості обчислень у хмарному середовищі [7], де зміни конфігурацій, драйверів і бібліотек без формальних гарантій reproducibility підривають порівняльність серійних експериментів [8].

У статті розглядається програмна архітектура інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних, призначеної для підвищення якості нейромережевої класифікації побутових відходів. Запропоноване рішення трактує забезпечення якості не як разовий препроцесинг, а як інтегрований компонент конвеєра, що безпосередньо впливає на стабільність навчання і здатність моделі до узагальнення. Система організована у вигляді узгодженої множини об'єктів і сервісів, які відповідають за контроль різкості, контрасту та експозиційної збалансованості, управління версіями даних і моделей, а також за спостережність експериментів.

## АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний етап розвитку систем візуальної класифікації побутових відходів характеризується переходом від окремих алгоритмічних підходів до цілісних архітектур, що забезпечують стабільну якість даних на всіх етапах конвеєра – від локалізації об'єктів до інференсу нейромережевої моделі.

У більшості відомих рішень класифікаційні модулі функціонують ізольовано від компонентів контролю інформативності зображень, фільтрації шумових зразків і балансування класів, що знижує відтворюваність і масштабованість результатів. Порівняльні експерименти із застосуванням ResNet-50, GoogleNet/InceptionV3 та Xception засвідчують чутливість міжкласових метрик до рівня дисбалансу та якості даних, що вимагає додаткового звітування macro-F1 і balanced accuracy [9]. Удосконалення за рахунок модулів уваги (SE-блоків, СВМ) демонструє приріст F1 на складних категоріях, підтверджуючи доцільність інтеграції механізмів підсилення інформативних ділянок у межах єдиної об'єктно-орієнтованої архітектури.

Використання легковагових архітектур, зокрема MobileNetV2, показало ефективність у задачах доменної адаптації та трансферного навчання, досягаючи 82,92 % точності у чотирикласовій постановці [10], тоді як поєднання MobileNetV2 із SVM дозволило підвищити accuracy до 94,28 % на задачі з 10 класами завдяки кращій лінійній відокремлюваності ознак [11].

## ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

**Метою роботи** є розроблення програмної архітектури інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних для нейромережевої класифікації побутових відходів із використанням хмарних технологій, у якій модуль якості виступає повноцінним учасником циклу навчання і продуктивного застосування.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

### Архітектура інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних

Подана архітектура відображає інтелектуальну об'єктно-орієнтовану систему [12] фільтрації даних для нейромережевої класифікації побутових відходів у хмарному середовищі (рисунок 1). Центральним елементом є конвеєр фільтрації, що працює з вибіркою зображень і пов'язаними показниками якості, застосовує динамічний поріг та клас-залежне збереження представлення, формуючи очищений навчальний піднабір. Очищені дані надходять до нейромережевого компонента на базі MobileNetV3-Small, який тренується тренувальним сервісом з фіксованими конфігураціями та подальшим оцінюванням на валідаційних прикладах. Інфраструктурна частина реалізована на керованому хмарному вузлі з GPU [13], що забезпечує підготовку середовища, підключення сховища та збереження артефактів, тоді як сервіс інференсу надає доступ до моделі через вебінтерфейс [14].

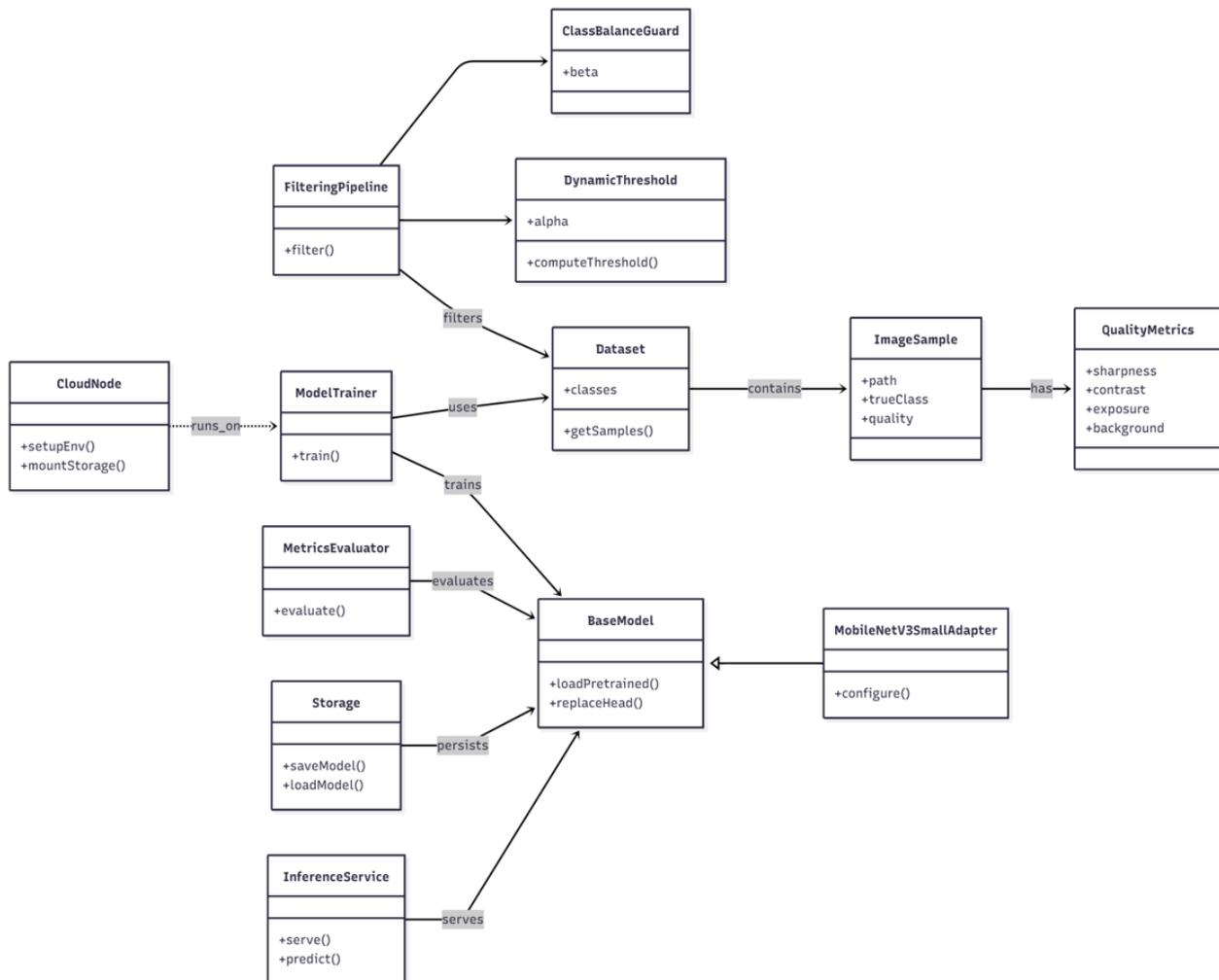


Рис. 1. Об'єктно-орієнтоване представлення класів

Такий поділ відповідальностей поєднує контроль якості даних із циклом навчання і продуктивним застосуванням [15], підтримує відтворюваність за рахунок журналювання конфігурацій і стабільності виконання, а також спрощує перенесення рішень у виробничі сценарії сортування та перероблення [16]. Архітектура узгоджується з тематикою статті, оскільки підвищення точності досягається саме завдяки програмно організованій фільтрації, керованим хмарним вузлам і об'єктно-орієнтованому проектуванню компонентів системи.

Схема (рисунок 2) узагальнює потоки даних і ролі підсистем на рівні виконання. Модуль роботи з датасетом формує та підтримує версії вибірок, зберігає сирі зображення, маніфести фільтрації, навчальні та валідаційні підмножини й артефакти. Модуль фільтрації якості обчислює показники інформативності та застосовує динамічні правила відбору, формуючи очищену вибірку для навчання. Далі модуль навчання і тестування нейромережі виконує аугментації, проводить тренування моделі на сирих і очищених даних та здійснює валідацію. Результати надходять до модуля метрик і звітів, де відбувається узгоджене порівняння якості та журналювання артефактів.

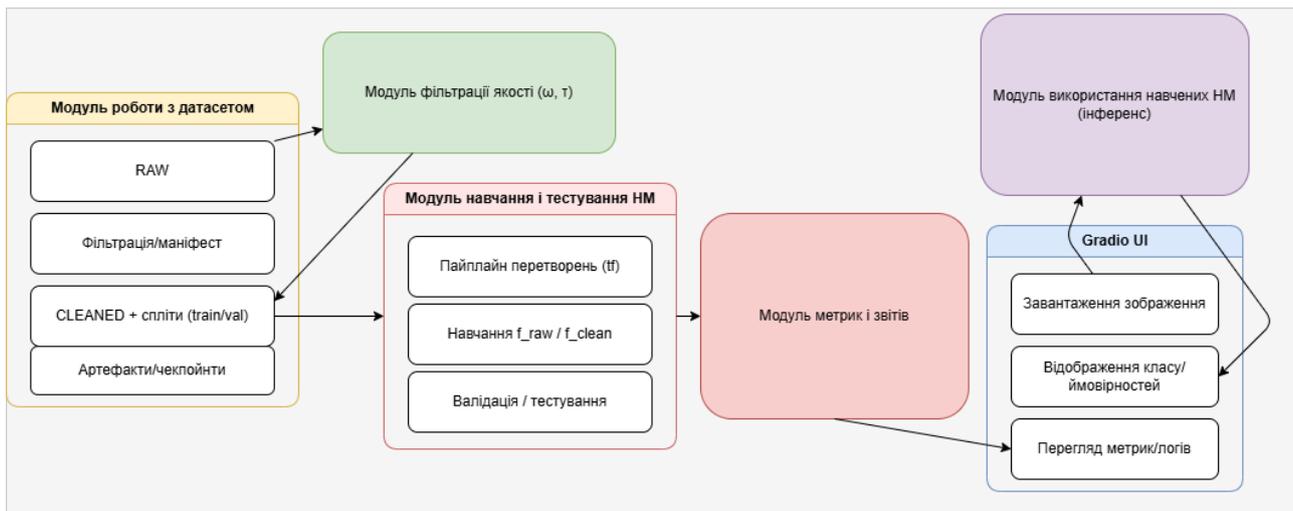


Рис. 2. Програмна архітектура інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних

Функціональні блоки відповідають об'єктам із діаграми класів: модуль роботи з датасетом корелює з компонентами керування даними та сховищем, модуль фільтрації з підсистемами оцінювання якості та контролю відбору, модуль навчання і тестування з тренувальним сервісом і адаптованою архітектурою моделі, модуль метрик з підсистемою оцінювання і реєстром експериментів. Роль керованого хмарного вузла є наскрізною: на ньому виконуються фільтрація, навчання, оцінювання та інференс із єдиним сховищем артефактів. Така організація забезпечує чітке розділення відповідальностей, відтворюваність експериментів і прозоре перенесення рішень у виробничі сценарії сортування та перероблення.

### Фільтрація даних для нейромережевої класифікації побутових відходів

Запропонований підхід трактує фільтрацію якості не як разовий етап підготовки, а як інтегрований компонент циклу навчання. В основі автоматизоване відсіювання зображень із недостатньою інформативністю та подальше донавчання моделі на очищеній вибірці. На відміну від традиційних рішень, де якість даних розглядають другорядно, модуль фільтрації безпосередньо впливає на процес оптимізації параметрів, зменшує внутрішньокласову варіативність і стримує «розмивання» ознак, властиве сценам із неоднорідним фоном, відблисками та нерівномірним освітленням. Схему підходу наведено на рисунку 3.

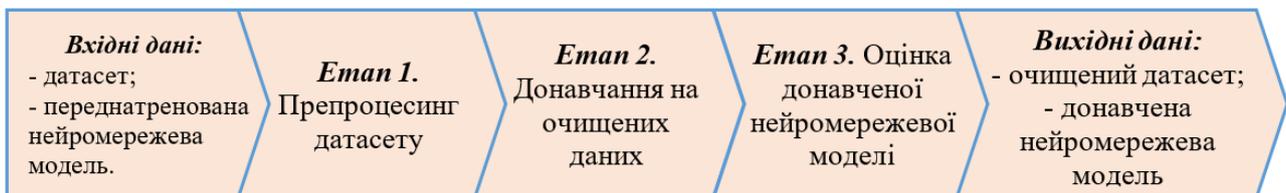


Рис. 3. Підхід до фільтрації даних для нейромережевої класифікації побутових відходів

Механізм фільтрації ґрунтується на динамічному «очищенні» за показниками різкості, контрастності та експозиційної збалансованості, доповненому контролем збереження представлення класів. Таке поєднання дозволяє вилучати кадри, що спричиняють плутанину між близькими за фактурою або формою категоріями, і водночас утримувати достатню різноманітність прикладів для кожного класу. Доновчання попередньо тренуваної архітектури на відібраному піднаборі дає змогу оцінити вплив якості даних на стабільність узагальнення не лише в лабораторних, а й у реалістичних умовах.

Верифікація здійснюється через паралельні експерименти на сирій та очищеній вибірках із подальшим порівнянням результатів і аналізом матриць помилок, що дає можливість ідентифікувати класи, чутливі до шумів і артефактів зйомки, та коригувати правила відбору. Підсумком стає не тільки донавчена модель, а й відтворюваний спосіб формування якісно орієнтованого датасета, придатний для задач з високою міжкласовою мінливістю. Таким чином, підвищення точності досягається насамперед через оптимізацію вхідних даних та дисципліну експерименту, а не за рахунок ускладнення архітектури.

### Експеримент, результати та дискусія

Датасетом для апробації створеної інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи фільтрації даних для нейромережевої класифікації побутових відходів виступав «Recyclable and Household Waste Classification Dataset» [17], набір із 15 000 PNG-зображень 256×256, структурований у 30 категорій. Кожен клас має по 250 «default» і 250 «real\_world» знімків, що поєднує контрольовані умови та реальні сцени. Ієрархія тек спрощує

поділ на train/val/test і робить датасет придатним для навчання та об'єктивного порівняння моделей класифікації побутових відходів [18]. Приклад роботи розробленої інтелектуальної системи наведено на рисунку 4.

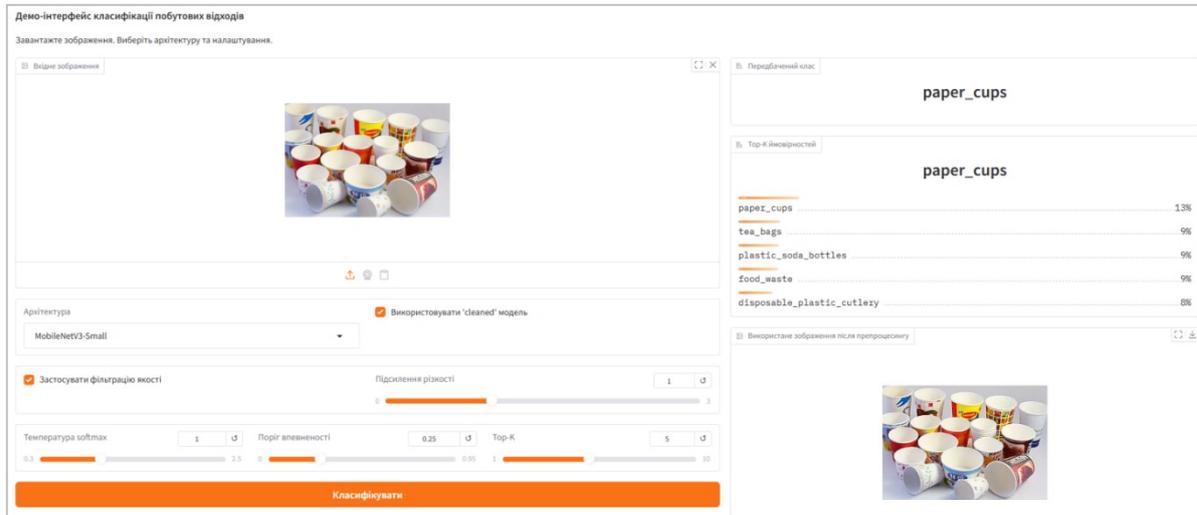


Рис. 4. Приклад класифікації побутових відходів

Реалізація інтелектуальної системи виконувалася у керованих хмарних обчислювальних вузлах Google Colab із GPU-прискоренням. Програмний стек: Python, PyTorch та torchvision для моделей і перетворень, NumPy і Pillow для операцій із зображеннями, Pandas для маніфестів і сплітів, Matplotlib для ілюстрацій. Вебінтерфейс інференсу реалізовано на Gradio, що забезпечило інтерактивне завантаження зображень, відображення прогнозу й перегляд службових логів без локальної інсталяції. Дані, чекпойнти та журнали експериментів зберігалися у Google Drive/Kaggle як єдиному сховищі артефактів.

Базовим класифікатором слугувала архітектура MobileNetV3-Small із попередніми вагами ImageNet і заміною класифікаційної голови під 30 класів. Навчальний конвеєр містив аугментації torchvision, оптимізацію AdamW із контрольованою швидкістю навчання та перевірку на валідаційних підвбірках «raw» і «cleaned». Для відтворюваності фіксувалися версії бібліотек, налаштовувалися псевдовипадкові зерна та параметри детермінізму в PyTorch; конфігурації тренувань і метрики зберігалися разом із моделями, що дозволило порівнювати політики фільтрації та переносити результати в інференс-сервіс. Така організація забезпечила прозору трасованість експериментів і узгодженість між етапами фільтрації, навчання та продуктивного застосування.

У базовій постановці на сирій вибірці зафіксовано узгоджені показники: accuracy 0.7703, balanced\_accuracy 0.7703, f1\_macro 0.7700, f1\_micro 0.7703, f1\_weighted 0.7700; високі значення roc\_auc\_micro 0.9864 та roc\_auc\_macro 0.9851 говорять про непогану роздільність імовірнісних виходів. Після інтеграції якісно орієнтованої фільтрації отримано предметні покращення на чутливих до шуму категоріях: paper\_cups приріст точності на 13.13 %, повноти на 10.69 % і F<sub>1</sub> на 11.85 %; steel\_food\_cans насамперед за повнотою +8.18 % (F<sub>1</sub> +4.55 %); clothing +6.80 % за повнотою (F<sub>1</sub> +4.55 %); magazines збалансовано: точність +4.08 %, повнота +4.00 %, F<sub>1</sub> +4.04 %; для блискучих і малофактурних класів домінує приріст точності, зокрема plastic\_trash\_bags +8.45 %, styrofoam\_food\_containers +7.29 %, eggshells +5.32 %.

## ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У роботі представлено програмну архітектуру інтелектуальної об'єктно-орієнтованої системи, у якій забезпечення якості даних інтегровано в повний цикл неймережевої класифікації побутових відходів. Запропонована фільтрація з опорою на показники різкості, контрастності та експозиційної збалансованості реалізована як керований етап конвеєра, що формує очищені підвбірки для навчання та оцінювання. Така організація зменшує внутрішньокласову варіативність, знижує чутливість до артефактів зйомки й підвищує стабільність рішень у реалістичних сценах.

Експериментальна апробація на відкритій вибірці даних «Recyclable and Household Waste Classification Dataset» підтвердила прикладну ефективність підходу. Базова конфігурація на сирих даних демонструє узгоджені значення інтегральних метрик, проте включення якісно орієнтованої фільтрації дало відчутні покращення на класах, схильних до перехресних помилок. Найбільший приріст зафіксовано для паперових стаканів, додаткові позитивні зрушення отримано для сталевих харчових банок, одягу та журналів, що свідчить про здатність запропонованого методу адресно зменшувати помилки, пов'язані з блиском, слабкою фактурою та неоднорідним тлом.

Архітектурне рішення опирається на керовані хмарні обчислювальні вузли, що забезпечує стандартизоване середовище виконання, використання GPU, прозоре журналювання артефактів і відтворюваність серій експериментів. Використання MobileNetV3-Small із заміною класифікаційної голови на 30 класів, а також вебінтерфейсу інференсу на базі Gradio, створило цілісний технологічний ланцюжок від підготовки даних до інтерактивного застосування моделі.

Отримані результати підтверджують доцільність перенесення уваги з ускладнення архітектур на дисципліну даних і керованість процесів. Практичний ефект полягає у можливості підвищувати точність класифікації без зростання обчислювальної вартості моделі, що є критично важливим для виробничих сценаріїв сортування та перероблення. Подальший розвиток вбачаємо у клас-залежній адаптації порогів відбору, розширенні протоколів локалізації перед класифікацією, інтеграції модулів уваги та механізмів активного навчання для підсилення рідкісних категорій, а також у масштабуванні інфраструктури для багатовузлових експериментів і безперервного оновлення моделей у продуктивному середовищі.

### Література

1. Kawther K. K., Hassan R. H. Sustainable urban space strategies in the reconstruction of destroyed cities after the wars. *Journal of Engineering Science and Technology*. – 2022. – Vol. 17. – P. 4163–4186. – URL: [https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20issue%206%20December%202022/17\\_6\\_13.pdf](https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20issue%206%20December%202022/17_6_13.pdf) (date of access: 09.11.2025).
2. Молчанова М.О., Дідур В.О., Мазурець О.В., Тищенко О.О., Залуцька О.О. Інформаційна технологія використання хмарних обчислень для класифікації залишків зруйнованих будівель засобами нейронних мереж за візуальними даними з безпілотних літальних апаратів / М.О. Молчанова, В.О. Дідур, О.В. Мазурець, О.О. Тищенко, О.О. Залуцька // *Наука і техніка сьогодні*. – Київ, 2025. – № 4 (45). – С. 1259–1272. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4\(45\)-1259-1272](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4(45)-1259-1272)
3. Molchanova M., Didur V., Mazurets O., Sobko O., Zakharkevich O. Method for construction and demolition waste classification using two-factor neural network image analysis / M. Molchanova, V. Didur, O. Mazurets, O. Sobko, O. Zakharkevich // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2025. – Vol. 3970. – P. 168–182. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3970/PAPER14.pdf> (дата звернення: 09.11.2025).
4. Molchanova M., Mazurets O., Klimenko V., Kuflevsky Ev. Object-oriented model for neural network damage detection of mail packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, E. Kuflevsky // *Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference*. – Copenhagen, 2024. – P. 58–62.
5. Molchanova M., Mazurets O., Sobko O., Boiarchuk I. Object-oriented approach for ethnic enmity detection in text messages by NLP / M. Molchanova, O. Mazurets, O. Sobko, I. Boiarchuk // *Scientific Achievements and Innovations as a Way to Success: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference*. – Vilnius, 2024. – P. 73–77.
6. Mazurets O. V., Klimenko V. I., Molchanova M. O., Sultanov A. V. Object-oriented intelligent system for neural network detection of sugar crystallization zones / O.V. Mazurets, V.I. Klimenko, M.O. Molchanova, A.V. Sultanov // *Global Science: Prospects and Innovations: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference*. – Liverpool, 2024. – P. 198–207.
7. Mazurets O., Molchanova M., Klimenko V., Klopotivskyi D. Datalogic model for image recognition by convolutional neural network using cloud services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotivskyi // *Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects: Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference*. – Oslo, 2024. – P. 64–68.
8. Tymofiiiev I., Mazurets O., Hardysh D., Molchanova M. Neural network dual architecture for depression detection using cloud services / I. Tymofiiiev, O. Mazurets, D. Hardysh, M. Molchanova // *Scientific Research in the Era of Digital Technologies: Challenges and Opportunities: Proceedings of the XLVI International Scientific and Practical Conference*. – Barcelona, 2024. – P. 84–88. <https://doi.org/10.70286/ISU-06.11.2024>
9. Al-Mashhadani I. B. Waste material classification using performance evaluation of deep learning models. *Journal of Intelligent Systems*. 2023. Vol. 32, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1515/jisys-2023-0064>
10. Application of MobileNetV2 to waste classification / L. Yong et al. *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, no. 3. P. e0282336. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282336>
11. Towards sustainable solutions: Effective waste classification framework via enhanced deep convolutional neural networks / M. M. Islam et al. *PLOS One*. 2025. Vol. 20, no. 6. P. e0324294. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324294>
12. Мазурець О. В., Молчанова М. О., Кліменко В. І., Собко О. В., Супрун П. К. аталогічна модель бази даних для виявлення гендерної приналежності за SVM-аналізом дописів інтернет-мереж з використанням об'єктно-орієнтованого проєктування / О.В. Мазурець, М.О. Молчанова, В.І. Кліменко, О.В. Собко, П.К. Супрун // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – Хмельницький, 2024. – № 3. – Т. 2 (337). – С. 197–204. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-29>
13. Yurchenko D., Mazurets O., Didur V., Molchanova M. Approach to using cloud services for visual analytics of neural network analysis of texts emotional tonality / D. Yurchenko, O. Mazurets, V. Didur, M. Molchanova // *The Future of Scientific Discoveries: New Trends and Technologies: Proceedings of the XLVII International Scientific and Practical Conference*. – Marseille, 2024. – P. 108–113.
14. Молчанова М. О., Мазурець О. В., Собко О. В., Кліменко В. І., Андрощук В. І. Метод нейромережевого виявлення кібербулінгу з використанням хмарних сервісів та об'єктно-орієнтованої моделі / М.О. Молчанова, О.В. Мазурець, О.В. Собко, В.І. Кліменко, В.І. Андрощук // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – Хмельницький, 2024. – № 2 (333). – С. 200–206. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2>
15. Молчанова М. О., Мазурець О. В., Шурипа М. О. Об'єктно-орієнтований підхід до нейромережевого виявлення та відстеження БПЛА з використанням хмарних технологій / М.О. Молчанова, О.В. Мазурець, М.О. Шурипа // *Наука і техніка сьогодні*. – Київ, 2025. – № 9 (50). – С. 1346–1360. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9\(50\)-1346-1360](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9(50)-1346-1360)

16. Молчанова М. О., Мазурець О. В., Шевчук П. О., Кліменко В. І., Тищенко О. О. Підхід до тестування об'єктно-орієнтованих систем керування в електронній комерції / М.О. Молчанова, О.В. Мазурець, П.О. Шевчук, В.І. Кліменко, О.О. Тищенко // *Наука і техніка сьогодні*. – Київ, 2025. – № 4 (45). – С. 1273–1285. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4\(45\)-1273-1285](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4(45)-1273-1285)

17. Recyclable and Household Waste Classification. Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/alistairking/recyclable-and-household-waste-classification> (дата звернення: 09.11.2025).

18. Sobko O., Mazurets O., Molchanova M., Krak I., Barmak O. Method for analysis and formation of representative text datasets / O. Sobko, O. Mazurets, M. Molchanova, I. Krak, O. Barmak // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2025. – Vol. 3899. – P. 84–98. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3899/paper9.pdf> (дата звернення: 09.11.2025).

## References

1. Kawther K. K., Hassan R. H. Sustainable urban space strategies in the reconstruction of destroyed cities after the wars. *Journal of Engineering Science and Technology*. – 2022. – Vol. 17. – P. 4163–4186. – URL: [https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20issue%206%20December%202022/17\\_6\\_13.pdf](https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20issue%206%20December%202022/17_6_13.pdf)
2. Molchanova, M. O., Didur, V. O., Mazurets, O. V., Tyshchenko, O. O., & Zalutska, O. O. (2025). Informatsiina tekhnolohiia vykorystannia khmarnykh obchyslen dla klasyfikatsii zalyshkiv zruinovanykh budivel zasobamy neuronnykh merezh za vizualnyimi danyimi z bezpilotnykh litalnykh aparativ. *Nauka i tekhnika sohodni*, 4, 1259–1272. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4\(45\)-1259-1272](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4(45)-1259-1272)
3. Molchanova M., Didur V., Mazurets O., Sobko O., Zakharkevich O. Method for construction and demolition waste classification using two-factor neural network image analysis / M. Molchanova, V. Didur, O. Mazurets, O. Sobko, O. Zakharkevich // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2025. – Vol. 3970. – P. 168–182. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3970/PAPER14.pdf>
4. Molchanova M., Mazurets O., Klimenko V., Kuflevsky Ev. Object-oriented model for neural network damage detection of mail packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, E. Kuflevsky // *Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference*. – Copenhagen, 2024. – P. 58–62.
5. Molchanova M., Mazurets O., Sobko O., Boiarchuk I. Object-oriented approach for ethnic enmity detection in text messages by NLP / M. Molchanova, O. Mazurets, O. Sobko, I. Boiarchuk // *Scientific Achievements and Innovations as a Way to Success: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference*. – Vilnius, 2024. – P. 73–77.
6. Mazurets O. V., Klimenko V. I., Molchanova M. O., Sultanov A. V. Object-oriented intelligent system for neural network detection of sugar crystallization zones / O.V. Mazurets, V.I. Klimenko, M.O. Molchanova, A.V. Sultanov // *Global Science: Prospects and Innovations: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference*. – Liverpool, 2024. – P. 198–207.
7. Mazurets O., Molchanova M., Klimenko V., Klopotovskiy D. Datalogic model for image recognition by convolutional neural network using cloud services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotovskiy // *Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects: Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference*. – Oslo, 2024. – P. 64–68.
8. Tymofiiiev I., Mazurets O., Hardysh D., Molchanova M. Neural network dual architecture for depression detection using cloud services / I. Tymofiiiev, O. Mazurets, D. Hardysh, M. Molchanova // *Scientific Research in the Era of Digital Technologies: Challenges and Opportunities: Proceedings of the XLVI International Scientific and Practical Conference*. – Barcelona, 2024. – P. 84–88. <https://doi.org/10.70286/ISU-06.11.2024>
9. Al-Mashhadani I. B. Waste material classification using performance evaluation of deep learning models. *Journal of Intelligent Systems*. 2023. Vol. 32, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1515/jisys-2023-0064>
10. Application of MobileNetV2 to waste classification / L. Yong et al. *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, no. 3. P. e0282336. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282336>
11. Towards sustainable solutions: Effective waste classification framework via enhanced deep convolutional neural networks / M. M. Islam et al. *PLOS One*. 2025. Vol. 20, no. 6. P. e0324294. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324294>
12. Mazurets, O. V., Molchanova, M. O., Klimenko, V. I., Sobko, O. V., & Suprun, P. K. (2024). Datalogichna model bazy danykh dla vyvialnennia hendernoї prynalezhnosti za SVM-analizom dopysiv internet-merezh z vykorystanniam obiektno-orієntovanoho proiekтуvannia. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*, 2, 197–204. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-29>
13. Yurchenko D., Mazurets O., Didur V., Molchanova M. Approach to using cloud services for visual analytics of neural network analysis of texts emotional tonality / D. Yurchenko, O. Mazurets, V. Didur, M. Molchanova // *The Future of Scientific Discoveries: New Trends and Technologies: Proceedings of the XLVII International Scientific and Practical Conference*. – Marseille, 2024. – P. 108–113.
14. Molchanova, M. O., Mazurets, O. V., Sobko, O. V., Klimenko, V. I., & Androshchuk, V. I. (2024). Metod neuronerezhovoho vyvialnennia kiberbulinhu z vykorystanniam khmarnykh servisiv ta obiektno-orієntovanoi modeli. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*, 2, 200–206. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2>
15. Molchanova, M. O., Mazurets, O. V., & Shurypa, M. O. (2025). Obiektno-orієntovanyi pidkhdid do neuronerezhovoho vyvialnennia ta vidstehennia BPLA z vykorystanniam khmarnykh tekhnolohii. *Nauka i tekhnika sohodni*, 9, 1346–1360. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9\(50\)-1346-1360](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9(50)-1346-1360)
16. Molchanova, M. O., Mazurets, O. V., Shevchuk, P. O., Klimenko, V. I., & Tyshchenko, O. O. (2025). Pidkhdid do testuvannia obiektno-orієntovanykh system keruvannia v elektronni komertsii. *Nauka i tekhnika sohodni*, 4, 1273–1285. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4\(45\)-1273-1285](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-4(45)-1273-1285)
17. Recyclable and Household Waste Classification. Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/alistairking/recyclable-and-household-waste-classification>
18. Sobko O., Mazurets O., Molchanova M., Krak I., Barmak O. Method for analysis and formation of representative text datasets / O. Sobko, O. Mazurets, M. Molchanova, I. Krak, O. Barmak // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2025. – Vol. 3899. – P. 84–98. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3899/paper9.pdf>