

УДК 004.7

*Чайківський А.В., здобувач*

*Ткачук Д.Ю., аспірантка*

*Державний університет «Житомирська політехніка»*

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО СПЕКТРА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МАШИННОГО ЗОРУ В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ОСВІТЛЕНOSTІ**

Системам машинного зору важливо забезпечити стабільне розпізнавання об'єктів незалежно від умов освітлення. Проте в темряві або при слабкому освітленні традиційні оптичні сенсори, що працюють лише у видимому спектрі, демонструють значне зниження точності. Одним із ефективних шляхів розв'язання цієї проблеми є використання інфрачервоного (ІЧ) спектра, який дозволяє отримувати якісні зображення навіть за відсутності природного чи штучного освітлення.

Інфрачервоне випромінювання має більшу довжину хвилі, ніж видиме світло (понад 700 нм), що дозволяє сенсорам фіксувати сигнали, які не залежать від рівня освітлення. Камери, оптимізовані для ближнього інфрачервоного (NIR) діапазону, здатні «бачити» об'єкти, коли видиме світло відсутнє або його надто мало.

За даними компанії Basler AG, NIR-сенсори мають підвищену фоточутливість і здатні забезпечити більш високий контраст зображення без додаткового підсилення шумів [1]. Це робить їх ефективними для систем спостереження, робототехніки та контролю виробничих процесів.

Використання інфрачервоного спектра у системах машинного зору має суттєві переваги, особливо в умовах низької освітленості. Завдяки здатності ІЧ-випромінювання проникати крізь туман, пил або дим, зображення, отримане такими камерами, зберігає високу інформативність навіть у складних умовах навколишнього середовища. Це дозволяє значно покращити контраст і видимість деталей, які у звичайному видимому спектрі могли б бути повністю приховані. Однією з головних переваг є також менша залежність від зовнішнього освітлення – інфрачервоні камери можуть ефективно працювати навіть у повній темряві, використовуючи підсвітку у ближньому інфрачервоному діапазоні, що робить їх надзвичайно корисними для систем відеоспостереження, безпілотних апаратів і роботизованих комплексів, які діють у нічний час або при слабкому освітленні [2]. Використання ІЧ-зображень підвищує точність алгоритмів машинного навчання, що підтверджується дослідженням LLVIP (Low-Light Visible-Infrared Paired Dataset). Згідно з отриманими результатами, поєднання

видимого та інфрачервоного спектрів дозволяє алгоритмам розпізнавання краще ідентифікувати контури, форми та об'єкти навіть у темряві, де звичайна камера не може забезпечити достатню чіткість. Такий підхід значно розширює можливості систем штучного інтелекту, роблячи їх ефективнішими у складних умовах освітлення.



Рисунок 1 – Без інфрачервоного/ з інфрачервоним/ інфрачервоним + RGB

На практиці інфрачервоні камери знаходять широке застосування у різних сферах. У системах відеоспостереження вони дають змогу виявляти людей, транспортні засоби й інші об'єкти без потреби у видимому освітленні. В автономній навігації дронів і роботів ІЧ-зір допомагає розпізнавати перешкоди та орієнтуватися в просторі при недостатньому світлі, підвищуючи безпеку та надійність руху. У промисловості ж такі системи використовуються для контролю якості продукції, вони дають змогу виявляти дефекти поверхні, перевіряти герметичність упаковки або контролювати структуру матеріалів, що є невидимими для звичайних RGB-камер [2].

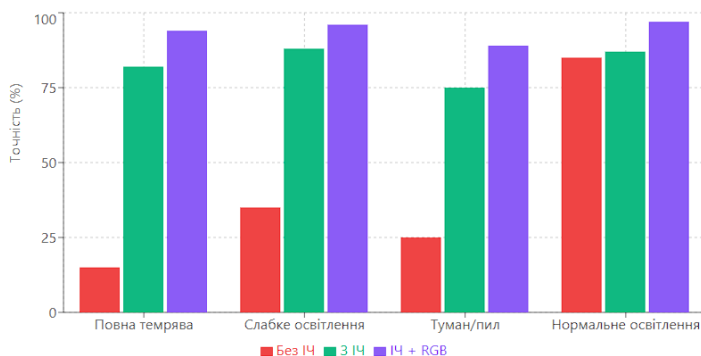


Рисунок 2 – Точність розпізнавання об'єктів в різних умовах освітленості (%)

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики систем машинного зору

| Параметр                  | Без ІЧ       | З ІЧ (NIR)   | ІЧ + RGB          |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| Точність (темрява)        | 15%          | 82%          | 94%               |
| Робочий діапазон          | 400-700 нм   | 700-940 нм   | 400-940 нм        |
| Контрастність             | Низька (30%) | Висока (90%) | Максимальна (98%) |
| Шум сигналу               | 45 дБ        | 28 дБ        | 22 дБ             |
| Залежність від освітлення | Критична     | Мінімальна   | Відсутня          |
| Проникнення крізь туман   | Слабке       | Хороше       | Відмінне          |

Ефективність роботи інфрачервоних систем машинного зору визначається трьома головними складовими: сенсорною частиною, освітленням та програмною обробкою. Сенсорна частина зазвичай базується на камерах без IR-cut фільтра або спеціалізованих NIR-сенсорах, здатних уловлювати ближнє інфрачервоне випромінювання з високою квантовою ефективністю. ІЧ-освітлення, зазвичай у діапазоні 850–940 нм, є безпечним для людського ока та забезпечує рівномірне підсвічування сцени. Як зазначається у матеріалах компанії ProPhotonix, якість зображення значною мірою залежить від рівномірності освітлення та правильного вибору довжини хвилі для конкретних поверхонь чи матеріалів [2]. На завершальному етапі програмна обробка зображення включає алгоритми фільтрації шумів, нормалізації яскравості й поєднання ІЧ- та видимих каналів, що дозволяє отримати максимально точне та інформативне зображення. Інтеграція інфрачервоних технологій у машинний зір створює основу для розвитку нових інтелектуальних систем спостереження, керування й автоматизованого контролю якості, відкриваючи нові можливості для промисловості, безпеки та автономних систем у цілому.

#### Список використаних джерел:

1. Basler AG. Near-Infrared (NIR) Cameras. – Basler Official Website. URL: <https://www.baslerweb.com/en/learning/near-infrared-nir-cameras/> (дата звернення: 12.11.2025).
2. ProPhotonix. IR Machine Vision Lighting. – ProPhotonix Application Notes. URL: <https://www.prophotonix.com/applications/machine-vision-lighting/ir-machine-vision-lighting/> (дата звернення: 12.11.2025).