

ВПЛИВ ОСВІТЛЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ТОЧНІСТЬ РОБОТИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

Системи машинного зору набувають все більшого значення в таких сферах, як автоматизація виробництва, контроль якості, робототехніка та медицина. Якість отриманих зображень безпосередньо впливає на ефективність алгоритмів комп'ютерного зору, при цьому освітлення відіграє ключову роль у формуванні високоякісних зображень [1,2]. Незважаючи на значний прогрес у розробці алгоритмів машинного зору, питання впливу різних типів освітлення на їх ефективність залишається недостатньо вивченим. Метою цієї роботи є кількісна оцінка впливу різних типів освітлення на точність розпізнавання об'єктів за допомогою систем машинного зору.

Вплив різних типів освітлення на точність розпізнавання об'єктів у системах машинного зору було оцінено через аналіз трьох основних типів освітлення: білого (дифузного та спрямованого), кольорового (монохроматичного освітлення різних довжин хвиль) та структурованого світла (проекційні патерни).

Експериментальна установка включала камеру високої роздільної здатності (1920×1080 пікселів), змінні джерела освітлення (LED-панелі з регульованою інтенсивністю та спектром), набір тестових об'єктів різної форми, розміру, кольору та текстури, а також обчислювальну систему з алгоритмами машинного зору, заснованими на глибокому навчанні. Для кожного типу освітлення варіювалися такі параметри, як інтенсивність (від 100 до 1000 люкс), кут падіння світла (0°, 30°, 45°, 60°, 90°) та відстань між джерелом світла та об'єктом (0.5 м, 1 м, 2 м). Кожна конфігурація була протестована 100 повтореннями для забезпечення статистичної достовірності результатів.

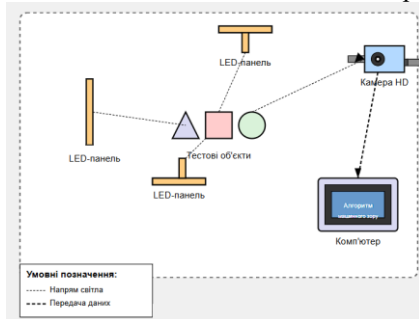


Рис. 1. Компоненти установки

Для кількісної оцінки ефективності використовувалися метрики, такі як точність розпізнавання (precision), повнота розпізнавання (recall), F1-міра [3], середньоквадратична похибка вимірювання розмірів об'єктів та час обробки зображення.

Таблиця 1

Порівняння ефективності різних типів освітлення

Тип освітлення	Точність розпізнавання	Стійкість до зовнішнього освітлення	Час обробки (мс)	Оптимальний сценарій використання
Дифузне біле	94.8%	Середня	42	Загальне розпізнавання об'єктів
Спрямоване біле	91.2%	Низька	45	Інспекція поверхонь і текстур
Червоне	89.5%	Висока	38	Розпізнавання контрастних об'єктів
Синє	88.7%	Висока	39	Біомедичні застосування
Структуроване	96.2%	Дуже висока	76	3D-реконструкція та вимірювання

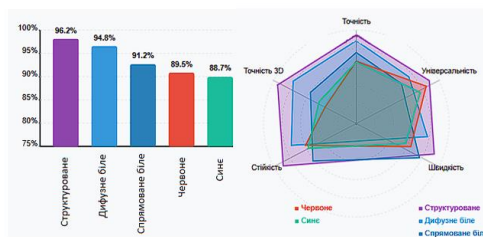


Рис. 2. Порівняльні діаграми впливу освітлення на машинний зір а) Столпчаста діаграма точності розпізнавання; б) Радіальна діаграма характеристик.

Результати показали, що дифузне біле світло забезпечило найвищу точність розпізнавання (94.8%) при інтенсивності 500-700 люкс і куті падіння 45°, але на блискучих поверхнях ефективність знижувалась через відблиски. Спрямоване біле світло було ефективним для виявлення дефектів на текстурованих поверхнях, досягаючи точності

96.3% при куті 30°. Монохроматичне червоне світло (630-650 нм) дало найкращі результати при розпізнаванні синіх та зелених об'єктів (97.2%), а синє світло (450-470 нм) — для жовтих і червоних (96.5%). Однак воно знижувало точність до 78.3% для об'єктів подібного кольору. Структуроване світло у вигляді проєкційних патернів показало найкращі результати для тривимірної реконструкції та вимірювання розмірів об'єктів з похибкою менше 0.1 мм і високою стійкістю до змін зовнішнього освітлення.

Список використаних джерел:

1. Важливість освітлення для машинного зору URL: <https://photonmission.com/blog/the-importance-of-lighting-in-machine-vision> (дата звернення: 5.03.2025).
2. Важливість освітлення в машинному зорі URL: <https://www.advancedillumination.com/a-practical-guide-to-machine-vision-lighting/> (дата звернення: 7.03.2025).
3. F1-міра URL: <https://thetransmitted.com/adluce/pokaznyk-f1-u-mashynnomu-navchanni/> (дата звернення: 8.03.2025).
4. Класифікація: точність, повнота, влучність і пов'язані показники URL: <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/accuracy-precision-recall?hl=uk> (дата звернення: 10.03.2025).