



МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ СТІЙКОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФРОВОГО МАРКУВАННЯ ПАКУВАНЬ В УМОВАХ ОПТИЧНИХ ЗАВАД

Дейнеко Ж.В., к.т.н., зав. кафедри МСТ, ХНУРЕ
Литвиненко С.В., аспірант, кафедра МСТ, ХНУРЕ

Abstract. *This paper addresses the problem of robust recognition of packaging markings under real-world conditions affected by optical noise. An adaptive preprocessing model based on the physical image formation process is proposed. The approach accounts for illumination, blur, geometric distortions, and sensor noise. Experimental evaluation demonstrates improved robustness and accuracy compared to conventional methods.*

Keywords: *OCR, image processing, optical noise, packaging marking, robustness, deep learning.*

Автоматизоване розпізнавання цифрової маркування пакувань є важливою складовою сучасних систем контролю якості, логістики та відстеження продукції. Із розвитком технологій машинного зору дедалі більше виробничих процесів переходять до безконтактних методів ідентифікації об'єктів на основі аналізу зображень, отриманих цифровими камерами.

На відміну від класичного розпізнавання тексту в документах, де умови формування зображення є відносно стабільними, маркування пакувань реєструється в неконтрольованому середовищі. Зображення формуються під впливом змінного освітлення, руху об'єкта, розфокусування, відблисків, шуму сенсора, обмеженої роздільної здатності та геометричних спотворень. Унаслідок цього інформація про символи може бути частково втрачена ще на етапі формування сигналу. Сучасні дослідження підкреслюють, що якість вхідного зображення визначає верхню межу точності будь-якої системи розпізнавання незалежно від використовуваного алгоритму [1].

Класичні алгоритми OCR, що базуються на бінаризації, сегментації та класифікації символів, демонструють високу ефективність лише в контрольованих умовах. За наявності суттєвих деградацій їх точність різко знижується через перекриття розподілів інтенсивностей тексту і фону та нестабільність процедур сегментації. У реальних умовах спостерігаються складний фон, перспективні спотворення та нерівномірне освітлення, що робить традиційні методи недостатньо стійкими [2].

Сучасні методи на основі глибокого навчання забезпечують значно вищу точність завдяки автоматичному формуванню ознак і використанню контекстної інформації. Архітектури Scene Text Recognition на базі згорткових нейронних мереж (CNN), механізмів уваги та трансформерів здатні моделювати складні залежності між елементами зображення та текстовою послідовністю [3]. Проте навіть такі моделі залишаються чутливими до оптичних спотворень, особливо за наявності зсуву розподілу між навчальними та реальними даними. Крім того, втрата високочастотної інформації, спричинена розмиттям або низькою роздільною здатністю, накладає фундаментальні обмеження на досягнуту точність розпізнавання.

Наукове завдання дослідження полягає у розробленні методів підвищення точності та стійкості автоматизованого розпізнавання цифрової маркування



пакувань за наявності оптичних завад шляхом врахування фізичних особливостей формування зображення та їх впливу на інформативність ознак.

У роботі розглядається підхід, заснований на моделюванні процесу формування зображення як результату проходження сигналу через деградуєчий оптичний канал. Такий підхід дозволяє розглядати розмиття, шум, нерівномірність освітлення та геометричні спотворення як взаємопов'язані фактори, що знижують відношення сигнал/шум і призводять до втрати просторової інформації про символи. Аналогічні моделі широко використовуються в задачах відновлення зображень і аналізу деградацій [4].

Запропонований підхід передбачає адаптацію системи розпізнавання до статистичних характеристик деградацій даних і використання контекстної інформації для компенсації локальних втрат сигналу. Контекстні моделі здатні відновлювати правильний текст навіть за часткової втрати інформації в окремих ділянках зображення, що підтверджується сучасними дослідженнями розпізнавання тексту в реальних умовах. Очікується, що врахування фізичних обмежень процесу формування зображення дозволить підвищити стійкість системи до змін умов знімання без істотного збільшення обчислювальної складності, що є важливим для застосувань у реальному часі. Практична значущість дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів у системах автоматичного контролю якості продукції, виробничих лініях, складських комплексах і логістичних центрах. Підвищення стійкості розпізнавання дозволить зменшити залежність від стабільності умов знімання та скоротити витрати на спеціалізоване обладнання. Підвищення стійкості розпізнавання цифрового маркування сприятиме забезпеченню більш надійної роботи автоматизованих систем відстеження продукції та зменшенню кількості помилок ідентифікації у виробничих і логістичних процесах. Це є особливо важливим у контексті цифровізації промисловості та впровадження концепцій «Промисловість 4.0», де точність і швидкість обробки інформації безпосередньо впливають на ефективність управління технологічними процесами.

Підвищення ефективності розпізнавання цифрового маркування пакувань в умовах оптичних завад є актуальною науково-технічною задачею, розв'язання якої має важливе значення як для теорії комп'ютерного зору, так і для практичних застосувань. Запропонований підхід базується на адаптації системи до статистичних характеристик деградацій та використанні інтелектуальних контекстних моделей для компенсації локальних втрат сигналу. Це дозволяє здійснювати предиктивне відновлення символів навіть за умови часткової втрати просторових даних.

Список літератури

1. Baek, J., Matsushita, Y., & Izuka, S. (2019). What is wrong with scene text recognition model comparisons. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 4715-4723.
2. Chen, X., Jin, L., Zhu, Y., Luo, C., & Wang, T. (2021). Text recognition in the wild: A survey. *ACM Computing Surveys*, 54(2), 1-35.
3. Long, S., He, X., & Yao, C. (2021). Scene text detection and recognition: The deep learning era. *International Journal of Computer Vision*, 129, 161-184.
4. Zhang, K., Zuo, W., & Zhang, L. (2021). Deep learning for image restoration: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43, 3519-3539.