

УДК 004.056.5

*Раданович В. Я., здобувач
Ткачук Д. Ю., асистентка
Державний університет «Житомирська політехніка»*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ПРАВИЛЬНОСТІ СОРТУВАННЯ ПОСИЛОК У ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ YOLO

Інтенсивне зростання електронної комерції спричинило різке підвищення навантаження на логістичні комплекси, де традиційні методи автоматизації, зокрема класичні геометричні алгоритми на кшталт ІСР вже не забезпечують необхідної ефективності. Вони потребують значної попередньої обробки даних, чутливі до шумів та оклюзій і потребують багато ресурсів, що робить їх непридатними для високошвидкісних конвеєрів. У результаті знижується робастність системи за умов зміни орієнтації, щільного розташування або взаємного перекриття посилок.

Сучасні підходи роблять акцент на глибоких нейронних мережах, які дозволяють передбачати оптимальну зону чи положення захоплення без складної проміжної обробки. Архітектури типу FCN і Mask R-CNN демонструють високу якість сегментації, але їх обчислювальна складність і зниження точності при великому перекритті об'єктів обмежують їх придатність у реальному часі.

Для вирішення цих проблем запропоновано інтегрований метод швидкого сортування посилок на основі багатозадачного глибокого навчання. У його основі оптимізована модель YOLOv8-S із зменшеною кількістю каналів та динамічним зважуванням функцій втрат (GradNorm/DWA), що дало змогу скоротити кількість параметрів на 35–40% без втрати точності. Досягнута продуктивність ≥ 80 FPS відповідає вимогам конвеєрів зі швидкістю 1.5–2 м/с, а середня точність детекції становить $mAP = 0.94$.

Додаткова реалізація багатозадачної моделі оцінки точки захоплення на основі прогнозування 5–7 ключових точок для визначення повної 6D-пози ($x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$) збільшує продуктивність. Навчання проводилось із використанням гібридної функції втрат, що поєднує L1/Smooth L1 для координат і IoU-компоненту для якості області захоплення. Це забезпечило точність орієнтації до $\pm 5^\circ$ та позиційну похибку не більше ± 2 мм, що суттєво підвищує стійкість системи до оклюзій і невпорядкованого розташування посилок.

Такий підхід перевершує сегментаційні FCN/Mask R-CNN-рішення за швидкістю, робастністю та адаптивністю.

Запропонована система дає змогу роботизованому маніпулятору точно визначати цільовий об'єкт, оцінювати його положення та виконувати автоматичне захоплення без участі оператора.

Оптимізовані моделі на основі YOLO формують перспективну платформу для високопродуктивної автоматизації логістичних процесів у сучасних умовах стрімкого розвитку електронної комерції.

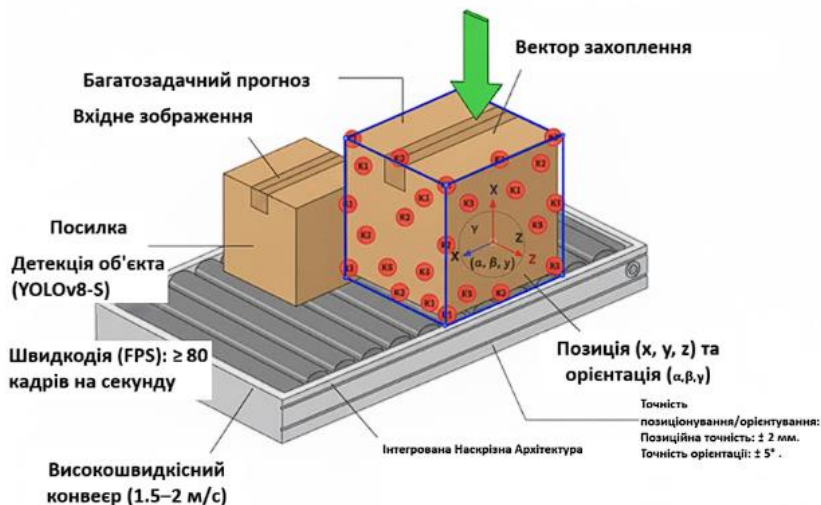


Рис. 1. Візуалізація роботи інтегрованої системи сортування посилок

Список використаних джерел:

1. Visual Sorting of Express Parcels Based on Multi-Task Deep Learning [Електронний ресурс].- Режим доступу:<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/23/6785>
2. Ultralytics YOLO applications in logistics [Електронний ресурс].- Режим доступу:<https://www.ultralytics.com/solutions/ai-in-logistics>