

УДК 004.932

О. Кобрин; Н. Стадник, к. т. н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА КОМП'ЮТЕРНО-ЗОРОВОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВІДХИЛЕНЬ У ПРОЦЕСІ FDM-ДРУКУ

UDC 004.932

O. Kobryn; N. Stadnyk, PhD.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR DETECTING DEVIATIONS IN THE FDM PRINTING PROCESS

Робота присвячена експериментальній перевірці комп'ютерно-зорової системи контролю процесу FDM-друку, яка аналізує відеопотік з камери в зоні робочого поля 3D-принтера та класифікує поточний стан друку на кілька типових класів: «нормальний друк», «спагеті», «відлипання моделі», «дефект екструзії» тощо. Основна увага зосереджена на оцінюванні точності виявлення відхилень та впливу структури навчальних даних на результати роботи моделі.

Навчальні вибірки сформовано на основі зображень і кадрів відео FDM-друку, отриманих з різних відкритих ресурсів та власних записів. До датасету увійшли приклади стабільного друку, виражених дефектів та кадри з ранніми проявами відхилень. Проведено дві серії навчання: у першій використано базовий набір із фіксованим ракурсом камери та стандартним масштабуванням зображення до 640×640 пікселів; у другій – розширений датасет з додатковими прикладами початкових стадій дефектів, варіаціями ракурсу й освітлення та уточненим кадруванням робочої зони.

Якість роботи системи оцінювали за показниками mAP@0.5, precision, recall і матрицями неточностей. У першій серії навчання модель продемонструвала інтегральний показник mAP@0.5 на рівні близько 0,8: найвища точність спостерігалася для класів «нормальний друк» та виражених дефектів типу «спагеті», тоді як ранні стадії відлипання моделі від платформи іноді помилково відносилися до нормального стану, що відображалося у характерній плутанині між «пограничними» класами.

У другій серії, після розширення вибірки та корекції схеми попередньої обробки (масштабування й вибір області інтересу), mAP@0.5 зросла до значення порядку 0,85–0,9. Одночасно зменшилася кількість хибних спрацювань і пропусків дефектів: зросла частка правильних класифікацій для класів, пов'язаних із відлипанням моделі й дефектами екструзії, а діагональні елементи матриці неточностей стали більш «щільними» для основних класів, що свідчить про покращення чутливості й селективності моделі щодо відхилень у процесі друку.

Отримані результати підтверджують, що ключовим чинником підвищення ефективності комп'ютерно-зорової системи є різноманітність і репрезентативність навчальних даних, зокрема наявність кадрів із проміжними станами між нормальним друком і сформованим дефектом. Розширення датасету та правильний вибір параметрів обробки зображення дозволяють суттєво покращити показники mAP, precision і recall без помітної втрати швидкодії та демонструють перспективність інтеграції такої системи в практичні засоби віддаленого моніторингу FDM-друку.

Література

1. Cao, M., Fu, L., Ai, F., Zhou, K. An Improved 3D Printing Extrusion Defect Detection Method Based On YOLO-v8. Research Square, 2024. 5-10 ст. Електронний ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/378727971>