

Ілечко Р.І., Боровий О.О. аспіранти спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Науковий керівник: Цимбал Ю.В., к.т.н., доцент кафедри АСУ
(Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ ДАНИХ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У сучасних алгоритмах комп'ютерного зору дані виступають ключовим елементом, від якого значною мірою залежить якість та точність роботи систем. В умовах стрімкого розвитку штучного інтелекту та машинного навчання, величезна кількість якісно анотованих зображень чи відеоматеріалів є основою для тренування моделей, здатних коректно розпізнавати об'єкти, аналізувати сцени та приймати рішення в режимі реального часу. У цій роботі розглядаються сучасні симулятори, які дозволяють генерувати високоякісні синтетичні дані для систем комп'ютерного зору безпілотних літальних апаратів.

Метою дослідження є аналіз доступних програмних засобів для навчання алгоритмів комп'ютерного зору. Застосування синтетичних даних дозволяє подолати численні проблеми, пов'язані з отриманням реальних зображень, зокрема:

- Обмежена доступність та висока вартість навчальних вибірок. Реальні дані часто складно здобути через потребу у специфічному обладнанні, трудомісткий процес анотування та регуляторні обмеження.
- Невідповідність умов експлуатації: Реальні дані можуть не охоплювати всі необхідні сценарії польоту та змінні умови навколишнього середовища, що є критичним для навчання нейромереж.

UnrealCV[1] — плагін з відкритим вихідним кодом, на основі Unreal Engine 4(UE4). Традиційні підходи до створення синтетичних даних можуть бути трудомісткими та обмеженими у варіативності. Використовуючи можливості високоякісної візуалізації UE4, UnrealCV дозволяє дослідникам легко генерувати реалістичні зображення разом із детальними анотаціями, включаючи маски об'єктів, карти глибини та нормалі поверхні. Доступ до плагіну відбувається за допомогою простого текстового протоколу. Ця архітектура дозволяє контролювати віртуальні камери та параметри сцени, такі як освітлення, положення об'єктів і матеріали. Дослідники демонструють два практичних застосування: автоматизовану генерацію набору зображень та оцінку моделі глибокого навчання за різних ракурсів та умов візуалізації. Представлені експериментальні результати показують значну чутливість продуктивності моделі до змін у конфігурації камери, таким чином підкреслюючи цінність інструменту для порівняльного аналізу та розуміння алгоритмічних обмежень.

AirSim[2] представляє комплексну платформу моделювання, яка об'єднує високоточне візуальне відтворення з детальним фізичним моделюванням для автономних засобів. Симулятор використовує UE4 для створення реалістичних середовищ та покращених моделей датчиків. Симулятор реалізує модульну структуру динаміки апаратів і надійний фізичний рушій, який здатний до високочастотних оновлень. Платформа розроблена не тільки для генерації синтетичних навчальних даних, але й для циклічного тестування апаратного забезпечення, що сприяє більш плавному переходу від симуляції до реальних застосувань. Детальні експерименти порівнюють змодельовані траєкторії польоту з даними реального світу, підкреслюють здатність платформи точно імітувати поведінку транспортного засобу та шумові характеристики датчиків. AirSim надає цілісну структуру моделювання, яка об'єднує реалістичну

динаміку, зворотний зв'язок датчиків і фактори навколишнього середовища для розробки та тестування автономних систем.

Sim4CV[3] — це симулятор, побудований на UE4 для навчання та оцінки алгоритмів комп'ютерного зору. Основні внески включають процедурну генерацію світу, оцінку відстеження об'єктів за допомогою БПЛА платформи в реальному часі та модульний підхід глибокого навчання для автономного управління. Симулятор інтегрує БПЛА, транспортні засоби та динамічні агенти в конфігурубельні середовища, створюючи синтетичні дані з автоматичними анотаціями (наприклад, сегментація, глибина). Sim4CV пропонує значні переваги, включаючи процедурну генерацію світу для усунення прогалин у різноманітності наборів даних для глибокого навчання.

Unity Perception[4] — це пакет, що надає сучасний набір інструментів для генерації анотованих синтетичних наборів даних, для завдань комп'ютерного зору. Створений як розширення Unity Editor, пропонує гнучкий фреймворк, який інтегрує генерацію розмітки з надійною системою рандомізації. На відміну від традиційного збору даних, його підхід використовує процедурні варіації — за допомогою випадкового розміщення об'єктів, текстур, освітлення та параметрів камери — для швидкого створення великих обсягів різноманітних, ідеально анотованих даних. Ключовою перевагою Unity Perception є його розширювана структура рандомізації. Це дозволяє дослідникам систематично змінювати параметри моделювання та генерувати рідкісні сценарії, які важко відобразити в реальному світі. Пакет також містить легку схему на основі JSON для керування даними, що сприяє швидкій ітерації в конвеєрах навчання. У порівнянні з UnrealCV і AirSim, Unity Perception зміщує фокус з управління віртуальним світом і реалістичної фізичної симуляції на ефективне і масштабоване генерування даних. Unity Perception виділяється тим, що зосереджується на різноманітності та масштабованості навчальних даних для широкого спектру програм комп'ютерного зору, що робить його оптимальним для сценаріїв, де швидка генерація даних і випадковість параметрів є найважливішими.

Застосування симуляторів забезпечує генерацію високоякісних даних з детальною розміткою, дозволяють моделювати реалістичні візуальні сцени та фізичні процеси, включаючи поведінку датчиків і динаміку об'єктів. Завдяки процедурній генерації створюються різноманітні сценарії, що сприяють підвищенню ефективності тренування алгоритмів комп'ютерного зору.

Список використаних джерел:

1. Qiu, W., & Yuille, A. (2016). Unrealcv: Connecting computer vision to unreal engine. In *Computer Vision—ECCV 2016 Workshops: Amsterdam, The Netherlands, October 8-10 and 15-16, 2016, Proceedings, Part III 14* (pp. 909-916). Springer International Publishing.
2. Shah, S., Dey, D., Lovett, C., & Kapoor, A. (2018). Airsim: High-fidelity visual and physical simulation for autonomous vehicles. In *Field and Service Robotics: Results of the 11th International Conference* (pp. 621-635). Springer International Publishing.
3. Müller, M., Casser, V., Lahoud, J., Smith, N., & Ghanem, B. (2018). Sim4cv: A photo-realistic simulator for computer vision applications. *International Journal of Computer Vision*, 126, 902-919.
4. Borkman, S., Crespi, A., Dhakad, S., Ganguly, S., Hogins, J., Jhang, Y. C., ... & Yadav, N. (2021). Unity perception: generate synthetic data for computer vision. *arXiv preprint arXiv:2107.04259*.