

А.І. КУПН, д-р техн. наук, проф., Ю.Г. ОСАДЧУК, канд. техн. наук, доц.,
М.П. КОСЕЙ, аспірант
Криворізький національний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОЇВ БПЛА

З огляду на швидке зростання використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), особливо в сценаріях із координацією роїв, виникає нагальна потреба у програмному забезпеченні, яке дозволяє тестувати складні алгоритми управління та моделювати масові системи зі значною кількістю взаємодіючих агентів у безпечному середовищі.

Симуляційне програмне забезпечення є критично важливим для мінімізації ризиків, пов'язаних з реальними тестуваннями, зниження витрат на етапах розробки та забезпечення високої точності моделювання апаратів і їх поведінки в різноманітних умовах. Завдяки широкій доступності програмних рішень з відкритим кодом розробникам надається можливість проводити експерименти у віртуальному середовищі, яке імітує динаміку фізичних процесів, взаємодію між агентами та зовнішніми об'єктами. На сьогодні існує велике різноманіття симуляторів, кожен із яких має свої сильні сторони та обмеження.

У рамках дослідження виконується порівняльний аналіз найбільш поширеного програмного забезпечення для моделювання роїв БПЛА, серед яких Webots, Gazebo, CoppeliaSim, ARGoS, MRDS, MORSE, USARSim та інші. Розглянуто відкриті симуляційні платформи, які використовуються для розробки алгоритмів самоуправління та координації роїв, тестування автономної поведінки агентів і оцінки динаміки їх роботи в умовах складних сценаріїв. Особлива увага акцентується на здатності цих платформ симулювати поведінку багатьох агентів одночасно, відтворювати навколишнє середовище із врахуванням фізичної достовірності, а також інтегрувати широкий спектр сенсорів, таких як RGB-камери, LiDAR, GPS, IMU.

Запропонований аналіз охоплює головні аспекти, які мають вирішальне значення для вибору програмного забезпечення для моделювання.

Серед них: точність симуляцій: моделювання фізичних явищ, таких як тертя, аеродинаміка, зіткнення та взаємодія з поверхнею; масштабованість платформи: здатність роботи з великими роями агентів без зниження продуктивності; інтеграція сенсорів: підтримка різних типів сенсорів для навігації, побудови карт та інших задач; інтерфейс користувача: легкість налаштування і виходу на робочі параметри платформи; адаптивність до сценаріїв: здатність симулятора моделювати довкілля з високою деталізацією і різноманітним параметрів, таких як міські простори, природні ландшафти, складні поверхні тощо.

Отримані результати свідчать про те, що кожна проаналізована платформа виконує окремі функції найкращим чином, залежно від специфіки завдань. Детальний аналіз продемонстрував сильні сторони та обмеження кожної платформи: від ефективності обчислень до адаптивності під реальні сценарії. Цей системний підхід дозволяє розробникам, інженерам та дослідникам ефективно вибирати програмне забезпечення, яке найбільше відповідає технічним і науковим завданням.

Додатково в роботі зроблено акцент на практичних аспектах застосування симуляційного програмного забезпечення. Зокрема, актуальним є створення платформи, здатної поєднувати високоточне фізичне моделювання із підтримкою мультиагентних систем великого масштабу.

Така інтеграція дозволить забезпечити моделювання не лише у відкритих або статичних умовах, але й у динамічно змінюваному середовищі із присутністю багатьох невідомих факторів.

Це особливо важливо для тестування алгоритмів прийняття рішень, адаптації до змін середовища та операцій у реальному часі, таких як пошуково-рятувальні місії чи моніторинг у промисловості.

Результати дослідження також підтверджують, що використання сучасного симуляційного програмного забезпечення є ключовим елементом у процесі розробки систем управління БПЛА.