

УДК 007.52

СЕРЕДОВИЩА ВІРТУАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТІВ

Бекар Д.Р.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, Львів

В сучасній робототехніці все більше досліджень і розробок переходить у площину віртуального моделювання. Це пов'язано як із швидким розвитком обчислювальних технологій, так і з потребою безпечного та економічного тестування роботизованих систем. Віртуальні симуляційні середовища [1-4] дозволяють створювати цифрові копії реальних роботів, моделювати навколишнє середовище, динаміку руху, взаємодію з об'єктами, роботу сенсорів та систем комп'ютерного зору. Завдяки цьому інженери й дослідники можуть перевіряти алгоритми керування, навчати нейронні мережі, аналізувати ефективність систем без потреби у дорогому фізичному обладнанні.

Однією з головних переваг симуляційного підходу є можливість багаторазового повторення експериментів за однакових умов, що в реальному середовищі часто неможливо через вплив зовнішніх факторів. Крім того, у віртуальному просторі можна легко змінювати параметри моделі (вагу, швидкість, матеріали, геометрію, розташування сенсорів) і спостерігати, як це впливає на поведінку системи. Це дозволяє швидко проводити серії експериментів, оцінюючи роботу алгоритмів керування, систем зору чи навчальних моделей без ризику пошкодити обладнання.

Серед поширених систем для моделювання роботів слід виділити Gazebo, Webots, PyBullet та NVIDIA Isaac Sim. Кожне з цих середовищ має свої переваги та використовується в різних контекстах.

Gazebo - одне з найвідоміших середовищ, тісно пов'язане з ROS (Robot Operating System). Воно забезпечує реалістичну фізику, візуалізацію тривимірних моделей, моделювання сенсорів, камер, лідарів, ідеально

підходить для наукових досліджень і навчання. Gazebo дозволяє інтегрувати алгоритми керування, планування траєкторій, системи локалізації та комп'ютерного зору, забезпечуючи повноцінне тестування комплексних робототехнічних рішень.

Webots має зручний графічний інтерфейс і добре підходить для навчальних і дослідницьких проєктів. У ньому можна швидко створювати тривимірні сцени, визначати властивості матеріалів, програмувати поведінку роботів мовами Python, C++ або MATLAB. Перевагою Webots є вбудована підтримка багатьох популярних роботів і сенсорів, а також можливість збереження результатів симуляції для подальшого аналізу.

PyBullet - це легке середовище з відкритим кодом, яке дозволяє проводити фізично коректне моделювання руху тіл, роботів і взаємодії з об'єктами без складної установки. Його основна перевага — пряме використання в Python, що робить його особливо зручним для інтеграції з бібліотеками машинного навчання (TensorFlow, PyTorch). PyBullet дозволяє створювати прості симуляції прямо в середовищі Google Colab, що робить його ідеальним вибором для навчальних і дослідницьких робіт без наявності локальних потужних комп'ютерів.

NVIDIA Isaac Sim - це сучасне високопродуктивне середовище, побудоване на русії Omniverse. Воно підтримує фотореалістичну графіку, складну фізику, синтетичне генерування даних для навчання моделей комп'ютерного зору. Isaac Sim орієнтований на використання GPU, тому забезпечує високу швидкість обчислень і можливість роботи зі складними моделями роботів у реальному часі. Це середовище все частіше використовується для навчання алгоритмів типу sim-to-real, коли модель, натренована у віртуальній симуляції, переноситься на реального робота.

Важливим аспектом є можливість інтеграції симуляцій із системами машинного навчання та штучного інтелекту. Завдяки відкритим бібліотекам Python, наприклад TensorFlow, PyTorch, OpenCV, можна створювати зв'язок між віртуальним середовищем і нейронними мережами, що навчаються. Це

дозволяє проводити експерименти зі сприйняттям, розпізнаванням об'єктів, маніпуляціями та автономним прийняттям рішень. Платформи на зразок Google Colab дають змогу запускати такі моделі без встановлення додаткового програмного забезпечення, використовуючи хмарні ресурси.

Таким чином, віртуальні симуляційні середовища стали важливим інструментом у розвитку сучасної робототехніки. Вони не лише забезпечують безпечне тестування алгоритмів, а й відкривають нові можливості для навчання, досліджень і розробок. Використання таких середовищ дозволяє студентам, викладачам і дослідникам працювати з робототехнічними системами навіть без фізичного доступу до обладнання, створюючи повноцінні віртуальні лабораторії. Це робить моделювання не лише ефективним засобом дослідження, а й ключовим етапом у підготовці майбутніх фахівців у сфері інтелектуальних робототехнічних систем.

Література:

1. Camargo C., Gonçalves J., Conde M. Á., Rodríguez-Sedano F. J., Costa P., García-Peñalvo F. J. Systematic Literature Review of Realistic Simulators Applied in Educational Robotics Context // *Sensors*. 2021, 21(12), 4031. [Он-лайн]. Доступно: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/12/4031>
2. Audonnet F. P., Hamilton A., Aragon-Camarasa G. A Systematic Comparison of Simulation Software for Robotic Arm Manipulation Using ROS2 // *arXiv preprint*, 2022. [Он-лайн]. Доступно: <https://arxiv.org/pdf/2204.06433>
3. Koenig N., Howard A. Design and Use Paradigms for Gazebo, an Open-Source Multi-Robot Simulator // *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. Sendai, Japan, 2004, Vol. 3, pp. 2149-2154. [Он-лайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1109/IROS.2004.1389727>
4. Baumgärtner J., Hansjosten M., Schönhofen D., Fleischer J. PyBullet Industrial: A Process-Aware Robot Simulation // *Journal of Open Source Software*, 2023, 8 (85), 5174. [Он-лайн]. Доступно: <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.05174>