

ISAAC SIM: МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ПОВЕДІНКИ БАГАТОМАЯТНИКОВОЇ СИСТЕМИ

Денис КОТЕЛОВИЧ, Юрій БОРЗОВ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів

У роботі розглянуто можливості використання платформи Isaac Sim для моделювання та тестування алгоритмів керування багатомаятниковими системами у віртуальному середовищі.

Ключові слова: динамічна система; моделювання; маятник; симуляційне середовище; робототехніка

The paper considers the possibilities of using the Isaac Sim platform for modeling and testing control algorithms of multi-pendulum systems in a virtual environment.

Key words: dynamic system; modeling; pendulum; simulation environment; robotics

Застосування сучасних симуляційних платформ, спеціалізованих комп'ютерних програм з моделювання надає можливість суттєво збільшити можливості досліджень складних систем, інформативність отриманих результатів та внесення змін в процес моделювання. Симуляційне середовище значно спрощує процес моделювання та знімає проблему наявності достатньої інструментальної бази та вимірювальної апаратури. Крім того, у реальному вимірі часу надається можливість вносити зміни в процес моделювання, що надає безпечний і економічно ефективний спосіб тестування та оцінки складних алгоритмів керування перед їх розгортанням у реальному світі. Isaac Sim — це потужна та гнучка платформа для створення та моделювання роботів та інших складних систем. Вона дозволяє проводити високоточне моделювання складних фізичних систем і надає низку інструментів для розробки та тестування алгоритмів.

Системи з перевернутим маятником широко досліджувалися завдяки їх практичному застосуванню в робототехніці, засобах автоматизації та керування [2]. Це проста, але дуже динамічна система, яка забезпечує ідеальний тестовий стенд для контролю та аналізу стабільності. Класичним прикладом системи перевернутого маятника є маятник, прикріплений до візка, здатний рухатися по горизонтальній колії. Завдання полягає в тому, щоб підтримувати маятник у вертикальному положенні за допомогою керуючого вхідного сигналу, який переміщує візок вперед і назад уздовж колії. Ця проблема була широко досліджена в літературі та призвела до розробки широкого спектру алгоритмів керування.

Останні дослідження були зосереджені на розробці алгоритмів керування одинарних та подвійних перевернутих маятникових систем для стабілізації та виконання динамічних поворотів. Один з підходів передбачає отримання математичних моделей динаміки системи та проектування контролерів на основі цих моделей. З іншого боку, інші підходи використовують методи машинного навчання та навчання з підкріпленням, щоб забезпечувати політику контролю безпосередньо з даних. Ці підходи були успішними для досягнення стабільних вертикальних положень і виконання маневрів гойдання вгору для систем з одинарним та подвійним маятниками.

Симулятор Isaac Sim: потужний інструмент для роботизованого моделювання, який використовує формат Universal Scene Description (USD - формат тривимірного (3D) опису комп'ютерної графічної сцени) для представлення спеціальної моделі робота, включаючи фізичні характеристики та динаміку багатократного перевернутого маятника.

Isaac Sim пропонує кілька важливих функцій, які роблять його ідеальним вибором для моделювання багатомаятникових систем:

- Фізичне моделювання: Isaac Sim містить фізичний механізм, який забезпечує точне й реалістичне моделювання динаміки твердого тіла, включаючи виявлення зіткнень і реакцію.

- Симуляція давачів: середовище підтримує різноманітні давачі, зокрема камери, лідари та давачі глибини. Ці давачі можна інтегрувати в змодельовану роботизовану систему, дозволяючи контролювати на основі давачів стан багатомаятникової системи і виконувати експериментування.

- Симуляційні середовища: Isaac Sim дозволяє створювати симуляційні середовища, включаючи як фізичні макети, так і віртуальні середовища. Ця гнучкість є цінною для розробки сценаріїв, які імітують умови реального світу.

- Інтеграція з ROS2 (Robot Operating System): середовище моделювання легко інтегрується з ROS2 (вільна операційна система для програмування роботів). Ця інтеграція спрощує розробку та тестування алгоритмів керування, оскільки забезпечує основу для керування апаратними інтерфейсами та зв'язком між компонентами системи.

- Підтримка прискорення графічного процесора GPU (graphics processing unit): технологія графічного процесора GPU NVIDIA прискорює моделювання, дозволяючи ефективно моделювати складні системи. Це особливо корисно для проведення експериментів у реальному часі та швидкого створення прототипів.

- Isaac Gym: розширює можливості симулятора для підтримки експериментів RL (Reinforcement learning – навчання з підкріпленням), що дозволяють навчати політикам керування для роботизованих систем у змодельованому середовищі.

Модель багатократно перевернутої маятникової системи в Isaac Sim для дослідження ефективності алгоритму керування процесом стабілізації системи у вертикальному положенні та виконання маневрів повороту вгору представлено на рисунку 1.



Рисунок 1. Модель для дослідження багатомаятникової системи в Isaac Sim.

Висновок: Системи з перевернутим маятником становлять складну проблему керування. Для стабілізації та виконання динамічних поворотів у багатомаятникових системах використовувалися лінійні та нелінійні алгоритми керування, а також підходи на основі машинного навчання та навчання з підкріпленням. Хоча кожен підхід має свої сильні та слабкі сторони, не існує універсального рішення для керування перевернутими маятниками. Вибір алгоритму керування залежатиме від конкретних вимог програми, таких як бажані показники продуктивності, доступні обчислювальні ресурси та параметри системи.

Література

1. 3D visualization tool for ROS. <https://github.com/ros2/rviz>. 2023.
2. Olfa Boubaker. “The Inverted Pendulum Benchmark in Nonlinear Control Theory: A Survey”. In: International Journal of Advanced Robotic Systems 10.5 (Jan. 2013), p. 233. DOI: 10.5772/55058.
3. Isaac Sim Extension Templates. https://docs.omniverse.nvidia.com/isaacsim/latest/advanced_tutorials/tutorial_extension_templates.html. 2023.