

АЛГОРИТМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РУХІВ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА

У сучасній робототехніці та автоматизації, розробка ефективного та надійного робота-маніпулятора вимагає ретельного проектування, моделювання та тестування, де в нагоді стає 3D моделювання та анімація. Роботизовані маніпулятори стали важливими інструментами в різних галузях, включаючи виробництво, охорону здоров'я, логістику та аерокосмічну промисловість. Ці роботизовані системи призначені для відтворення рухів рук людини, забезпечуючи точність, швидкість і послідовність, необхідні для виконання таких завдань, як складання, переміщення матеріалів, зварювання і навіть хірургічні операції.

За останні роки сфера використання галузі 3D моделювання значно розширилась, що свідчить про актуальність розробленого проекту в робототехніці та прототипуванні. У рамках виконаної роботи реалізовано систему, що дозволяє, слідуючи алгоритму та інструкціям, створити тривимірну віртуальну візуалізацію для контролю робота-маніпулятора.

Існує декілька основних видів 3D моделювання та анімації, які можна використовувати як окремо, так і в комбінації одне з одним. Вони відрізняються складністю та методами застосування в залежності від специфіки поставленої задачі. Для задачі візуалізації робота, зокрема, доцільно використовувати методи полігонального та промислового моделювання. Щодо відображення і контролю рухів робота, то найбільш релевантними є методи анімації за ключовими кадрами, із захопленням руху, а також процедурні методи, що дозволяють відтворити не тільки поведінку робота, а й оточуюче середовище, в якому працює цей робот. Таке доповнення моделі потрібно для урахування можливих ризиків, наприклад, неправильних дій робота, зтикання з перешкодами, або ризиків травмування людини – тобто моделювання ситуацій з техніки безпеки.

Роботи-маніпулятори широко використовуються для допомоги працівникам у виконанні повторюваних і небезпечних завдань у безлічі промислових процесів, виконуючи їх швидше та ефективніше. Прикладами такої діяльності є транспортування, виробництво, зварювання та свердління. При цьому важливо, щоб маніпулятори дуже точно відстежували бажані траєкторії зі швидким зближенням [1].

Постановка задачі розробки. У сучасній автоматизації та виробництві роботи-маніпулятори відіграють важливу роль у виконанні завдань, що вимагають точності, швидкості та надійності [2]. Ці роботизовані

маніпулятори використовуються в різних галузях промисловості, зокрема в автомобілебудуванні, електроніці, охороні здоров'я та логістиці, де вони виконують такі завдання, як збирання, переміщення матеріалів та пакування продукції. Метою цього дослідження є розробка алгоритму візуалізації робота, яка може бути використана для моделювання, аналізу, оптимізації дизайну та обслуговування робота. Для досягнення цілей проекту необхідно розробити два варіанти моделі робота:

- непрозора модель, що слугуватиме для контролю позиціонування та зовнішніх маніпуляцій робота;
- прозора модель для демонстрації роботи та контролю стану внутрішніх ланок та механізмів робота маніпулятора.

Основні вимоги до проекту включають:

- геометрична точність: забезпечення того, щоб 3D-модель точно відображала побудову маніпулятора, включаючи з'єднання, ланки та детальну внутрішню структуру;
- кінематичне моделювання: моделювання прямої та зворотної кінематики для прогнозування положення та орієнтації маніпулятора в просторі;
- анімація: розробка анімації для симулювання та демонстрації функціонування робота у віртуальному просторі.

Створюючи чіткий та зрозумілий алгоритм розробки 3D-моделі, цей проект має на меті спростити процес проектування, зменшити витрати на створення прототипів та підвищити продуктивність роботів-маніпуляторів.

Розробка алгоритма анімації моделі робота-маніпулятора. Для моделювання було обрано маніпулятор UR10e від компанії Universal Robotics. UR10e – це промисловий кобот (англ. *cobot*, *collaborative robot*) середнього розміру, який поєднує в собі великий радіус дії та високу вантажопідйомність. Цей робот легко інтегрується в широкий спектр застосувань і забезпечує можливості автоматизації [3].

Даний робот може бути запрограмований на роботу з інструментами та обміну інформацією з іншими машинами за допомогою електричних сигналів. Він являє собою маніпулятор, що складається з екструдованих алюмінієвих трубок і з'єднань.

Маніпулятори Universal Robots серії E мають шість суглобів (з'єднань) та широкий діапазон гнучкості, що слугує для імітації діапазону рухів людської руки. Це промислові роботи, призначені для роботи з інструментами/кінцевими ефекторами та пристосуваннями, а також для обробки або переміщення компонентів, деталей чи виробів.

Роботи оснащені функціями безпеки, які спеціально розроблені для забезпечення спільної роботи, коли робототехнічна система працює без огорожі або разом з людиною. Спільна робота призначена тільки для

безпечних застосувань, де вся система, включаючи інструмент, заготовку, перешкоди та інші машини, не становить значної небезпеки згідно з оцінкою ризику конкретного застосування. Обрана для проекту модель середнього розміру 10е має радіус максимальної досяжності у 1300 мм. У цьому радіусі для рухів маніпулятора не має бути встановлено ніяких перешкод, а входити в цю зону під час роботи маніпулятора заборонено.

Правильна послідовність процесу розробки системи має вирішальне значення. Це гарантує, що тривимірні моделі пройдуть шлях від ескізів до фінальної візуалізації у вигляді зображення або анімації з мінімальними зусиллями. Для цього потрібно визначитись з основними етапами процесу та створити впорядкований алгоритм роботи над проектом (рис. 1). Цей алгоритм розроблено і практично протестовано в даних дослідженнях на моделі робота-маніпулятора.

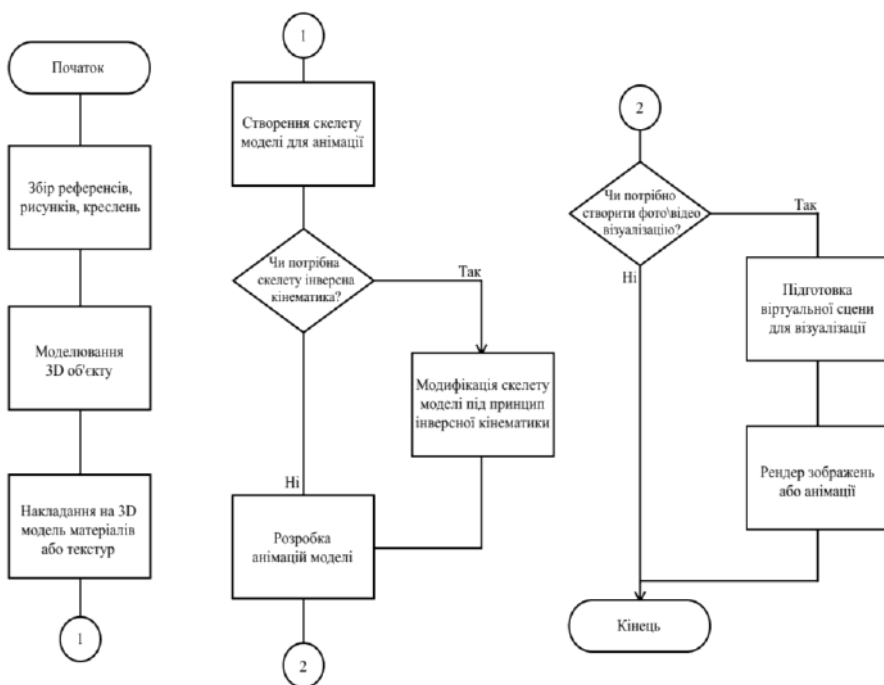


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розробки системи візуалізації та контролю робота-маніпулятора

Робота над проектом починається з ідеї – потрібно зібрати референси об'єкта розробки або створити креслення. Наступним кроком є

безпосередньо моделювання, текстурювання моделі. Після цього етапу рекомендується створити копію проекту, щоб мати можливість повернутися до неї у випадку якщо потрібно буде переробити або відредагувати модель. Далі необхідно підготувати модель до анімації – створити анімаційний скелет та визначитись із типом скелету, який краще підходить для конструкції робота.

На етапі анімації ми використовуємо розроблений скелет, щоб контролювати віртуальну модель робота, виставляти її в певні пози або анімувати за допомогою ключових кадрів, посилаючи скелету моделі команди на зміну положення з плином часу. Таким чином, ми отримуємо систему для контролю віртуальної моделі робота.

Результатом розробки є система контролю тривимірної моделі робота, яка включає поетапну інструкцію та чіткий алгоритм, слідуючи якому можливо розробити власний віртуальний прототип робота, контролювати його інструментами анімації та створити ефектну презентацію моделі. За необхідності, можна створити для розробленої системи демонстраційні матеріали: підготовлюємо модель до рендеру, обставляючи навколо неї віртуальну сцену, камеру та освітлення. Фінальним кроком стає візуалізація готової 3D моделі у вигляді 2D зображення чи колекції зображень, які можна зібрати в анімацію.

Програмне забезпечення для 3D-моделювання дозволяє інженерам створювати детальні віртуальні прототипи компонентів і вузлів роботів, що уможливило ітеративні процеси проектування, оптимізацію механічних конструкцій та візуалізацію кінцевого продукту перед фізичним виробництвом. Тривимірна віртуальна симуляція дає можливість проводити навчання та підготовку спеціалістів у сферах медицини, інженерії, керування промисловою та військовою технікою. Завдяки використанню 3D-моделювання сфера робототехніки продовжує розвиватися, вдосконалюючи дизайн, функціональність та інтеграцію роботів у різних галузях і сферах застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Trajectory planning and control algorithm of industrial robot manipulator // Extrica. URL: <https://www.extrica.com/article/23274> (дата звернення: 28.09.2024).
2. Complete guide to manipulator robots // Robotnik. URL: <https://robotnik.eu/complete-guide-to-manipulator-robots-benefits-and-applications> (дата звернення: 28.09.2024).
3. Universal Robots Automation Company. Universal Robots e-Series User Manual // Universal Robots A/S, 2009–2020. – С. 1-89