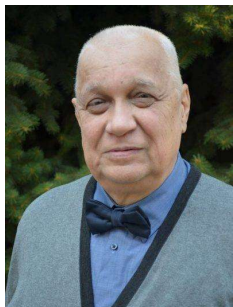


УПРАВЛІНСЬКО-ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЛЮДИНИ, СУСПІЛЬСТВА І ДЕРЖАВИ



Олександр ДІСКОВСЬКИЙ

професор кафедри
інформаційних технологій
Дніпровського державного
університету внутрішніх справ
(м. Дніпро, Україна),
доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-1673-6437>

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ РУХОМ МАНІПУЛЯТОРА М'ЯКОГО РОБОТА, ЗДАТНОГО ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ ІЗ РОЗМІНУВАННЯ

Розвиток м'якої робототехніки відкриває нові можливості для виконання складних і небезпечних завдань, зокрема у сфері розмінування. Традиційні жорсткі маніпулятори мають обмеження в гнучкості, адаптивності та безпечній взаємодії з об'єктами, що робить їх менш ефективними у складних умовах, наприклад, під час знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Математичне моделювання керування рухом м'якого маніпулятора дозволяє створювати ефективні алгоритми управління, які забезпечують високу точність, адаптивність та безпечність виконання завдань. Використання сучасних методів оптимізації, штучного інтелекту та чисельних методів дозволяє вдосконалити системи управління такими роботами, підвищуючи їхню ефективність у реальних умовах.

Дослідження в цій сфері сприятимуть підвищенню безпеки та автоматизації процесів розмінування, що є особливо важливим для зменшення людських втрат і покращення ефективності гуманітарного розмінування в зонах конфліктів.

Ця тему досліджували українські науковці, як-от: Н. В. Здолбіцька, С. М. Костючко, П. Є. Ковальчук, В. Ю. Пащук, Н. В. Ащепкова.

М'які роботи відрізняються від традиційних жорстких механізмами керування рухом маніпулятора, що приводить до більшої надмірності простору конфігурацій, в якому наконечник маніпулятора може досягати кожної точки тривимірного робочого простору. М'які роботи мають додаткову перевагу перед жорсткими в тому, що вони створюють незначний опір стисненню. Це дозволяє за допомогою м'яких роботів виконувати делікатні роботи з розмінування. При цьому важливо мати автоматизовану схему керування рухом маніпулятора такого робота.

Математичне моделювання рухом маніпулятора м'якого робота проводиться за допомогою двох фізичних моделей: неперервної консольної балки, на яку діють функціонально-градієнтні моменти, величинами яких можна керувати, та розрізної балки з пружними шарнірами, в яких діють функціонально-градієнтні крутильні моменти.

За допомогою математичного методу гомогенізації вдалося знайти оптимальну функцію розподілу величин цих моментів яка забезпечує шукану форму руху маніпулятора.

До основних перспективних напрямів математичного моделювання керування рухом маніпулятора м'якого робота для розмінування потрібно віднести: розробку адаптивних моделей динаміки руху; оптимізацію керування за допомогою штучного інтелекту; застосування методів зворотної кінематики для м'яких роботів; моделювання взаємодії з вибухонебезпечними об'єктами; інтеграцію з мультисенсорними системами; моделювання енергоспоживання та автономної роботи; розробку матеріалів з пам'яттю форми симуляцію і верифікацію моделей у віртуальних середовищах.

Розробка адаптивних моделей динаміки руху містить у собі: використання методів

нелінійної динаміки для опису поведінки м'яких маніпуляторів; врахування взаємодії з нерівними або нестабільними поверхнями.

Водночас оптимізацію керування за допомогою штучного інтелекту потрібно розглядати як використання нейромережових алгоритмів для адаптивного керування та реалізацію алгоритмів підкріпленого навчання для оптимального виконання завдань у змінних умовах [3].

Наступним перспективним напрямом розвитку цієї наукової теми може бути: застосування методів зворотної кінематики для м'яких роботів, що включає в себе розробку ефективних алгоритмів для точного позиціонування маніпулятора та впровадження механізмів компенсації деформацій матеріалу.

Також потрібно відмітити наступний напрям перспективного розвитку цієї наукової теми, а саме: моделювання взаємодії з вибухонебезпечними об'єктами, який містить у собі: аналіз сили контакту та мінімізація механічного впливу та розробку алгоритмів дистанційного маніпулювання для безпечного розмінування.

До перспективних напрямів дослідження також потрібно віднести інтеграцію з мультисенсорними системами, що містить у собі використання комп'ютерного зору та тактильних датчиків для покращення точності виконання завдань та об'єднання даних з різних сенсорів для корекції руху маніпулятора в реальному часі.

Водночас потрібно відмітити і моделювання енергоспоживання та автономної роботи, що містить у собі: оптимізацію рухів для зменшення енергетичних витрат та використання біоінспірованих алгоритмів для підвищення ефективності автономних операцій.

Ще один перспективний напрям розвитку цієї наукової теми – розробка матеріалів з пам'яттю форми, яка містить у собі дослідження нових композиційних матеріалів, здатних змінювати свою форму під дією електричних або магнітних полів та впровадження самовідновлюваних структур для підвищення довговічності маніпуляторів.

Зрештою не можемо не згадати про симуляцію і верифікацію моделей у віртуальних середовищах, які містять у собі використання цифрових двійників для тестування алгоритмів керування перед реальним впровадженням та розробку системи навчання оператора на основі віртуальної реальності.

Ці напрями є критично важливими для підвищення безпеки та ефективності м'яких роботизованих маніпуляторів у сфері розмінування, що сприятиме зменшенню ризиків для людського персоналу та поліпшенню технологій гуманітарного розмінування.

1. Здолбіцька Н. В., Костючко С. М., Ковальчук П. Є., Пашук В. Ю. Система керування роботом-маніпулятором. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк, 2020. Вип. № 40. С. 37–43.

2. Ащепкова Н. В., Капера С. С., Моделювання рухів робота навантажувача. *Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування* : матеріали III всеукр. науково-техн. конф. Дніпро, 2017. С. 36–37.

3. Синиціна Ю. П. Методології моделювання систем безпеки на основі штучного інтелекту. *Ретроспектива військової агресії РФ в Україні: злочини проти миру, безпеки людства та міжнародного правопорядку в сучасному вимірі* : Міжнар. науково-практ. круглий стіл (22–23 червня 2023 року). Київ : Алерта, 2023. С. 233–239.