

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ МОДУЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сверчков М.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: mykhailo.svechkov@nure.ua

Анотація: У статті розглянуто використання модульних робототехнічних систем на виробництві. Розглядаються основні переваги таких систем, гнучкість та адаптивність, зниження витрат і підвищення ефективності, інтеграція з іншими системами та ІіоТ, підвищення безпеки на виробництві, швидке впровадження інновацій.

Ключові слова: модульні роботи, автоматизація, виробничі процеси, роботизовані системи, мехатроніка, гнучкі виробничі лінії.

AUTOMATION SYSTEMS FOR MODULAR ROBOTIC SYSTEMS FOR PRODUCTION PURPOSES

Sverchkov M.O.

Kharkiv National University of Radioelectronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: mykhailo.svechkov@nure.ua

Abstract: The article discusses the use of modular robotic systems in production. The main advantages of such systems are considered, such as flexibility and adaptability, cost reduction and efficiency, integration with other systems and ІіоТ, increased safety at work, and rapid innovation.

Keywords: modular robots, automation, production processes, robotic systems, mechatronics, flexible production lines.

ВСТУП. Одним із найпоширеніших напрямків розвитку виробничих технологій як в Україні, так і в світі є автоматизація виробничих процесів за допомогою модульних роботизованих систем. Модульні роботизовані комплекси займають вагому нішу у промисловому виробництві та використовуються як у важкій, так і у легкій промисловості. Завдяки гнучкості та масштабованості таких систем можна досягти високої продуктивності та ефективності роботи виробничих ліній без значних витрат на переналаштування. Тому автоматизація з використанням модульних роботизованих систем на рівні окремих виробництв сьогодні є актуальною темою, що потребує подальшого дослідження [1].

Модульні системи забезпечують гнучкість та економію ресурсів, дозволяючи швидко адаптувати виробничі лінії під нові завдання. Проте інтеграція таких систем у виробничі процеси вимагає врахування багатьох параметрів, таких як ефективність взаємодії модулів, енергоефективність, технічні обмеження та адаптивність до різних типів продукції [2-4].

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНІХ СТРАТЕГІЙ МОДУЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ. Модульна робототехнічна система часто складається з чотирьох основних модулів (рис. 1): сприйняття, прогнозування, планування та управління.

Модуль сприйняття стежить за навколишнім середовищем за допомогою датчиків. Він реєструє спостережувані стани середовища (наприклад, місцезнаходження людей або роботів поблизу) і виконує обробку сигналів, наприклад, фільтрацію.



Рисунок 1 – Взаємодія модульної роботизованої системи та навколишнього середовища

Модуль прогнозування приймає оброблені сигнали і робить прогнози середовища, такі як майбутні рухи оточуючих агентів або оцінки неспостережуваних станів агентів, таких як їхні наміри.

Модуль планування отримує інформацію про прогнози і генерує плани на рівні завдань і дій, щоб керувати роботом безпечно і ефективно при виконанні завдання.

Нарешті, модуль управління виконує команди управління для виконання плану. Успіх роботизованої системи залежить від ефективності роботи модулів окремо і разом. Однак більшість робіт з проектування модульних робототехнічних систем акцентують увагу лише на проектуванні одного модуля і використовують готові методи безпосередньо для інших модулів.

В даній роботі досліджується розробка та комунікація двох з чотирьох модулів: прогнозування та планування (рис 2). Основна ідея полягає в розробці прогнозу, який може оцінити невизначеність і представити її в інтерпретованому вигляді, який може використовувати планувальник.

ПЛАНУВАННЯ РУХУ РОБОТА ТА ГІБРИДНЕ ПЛАНУВАННЯ РУХУ. У середовищі, повному перешкод, завжди складно знайти траєкторію без зіткнень та динамічно реалістичну траєкторію між початковим та кінцевим станом робота. Хоча в минулому було запропоновано багато алгоритмів планування руху, кожен з них має свої плюси і мінуси.

Модуль, який реалізує і порівнює існуючі алгоритми планування для різних завдань з широким спектром симуляцій. На основі цього ми також пропонуємо гібридний алгоритм планування – оптимальне випадкове дерево, що швидко досліджується, з алгоритмом опуклої допустимої множини (RRT*-CFS), який поєднує в собі переваги планування на основі вибірки та планування на основі оптимізації. Перший шар, RRT*, швидко вибирає напівоптимальний шлях, а другий шар, CFS, виконує послідовну опуклу оптимізацію, враховуючи еталонний шлях з RRT*. Запропонований RRT*-CFS має гарантії здійсненності та збіжності. Результати моделювання показують, що RRT*-CFS виграє від гібридної структури і надійно працює в різних сценаріях, включаючи проблеми вузьких проходів.

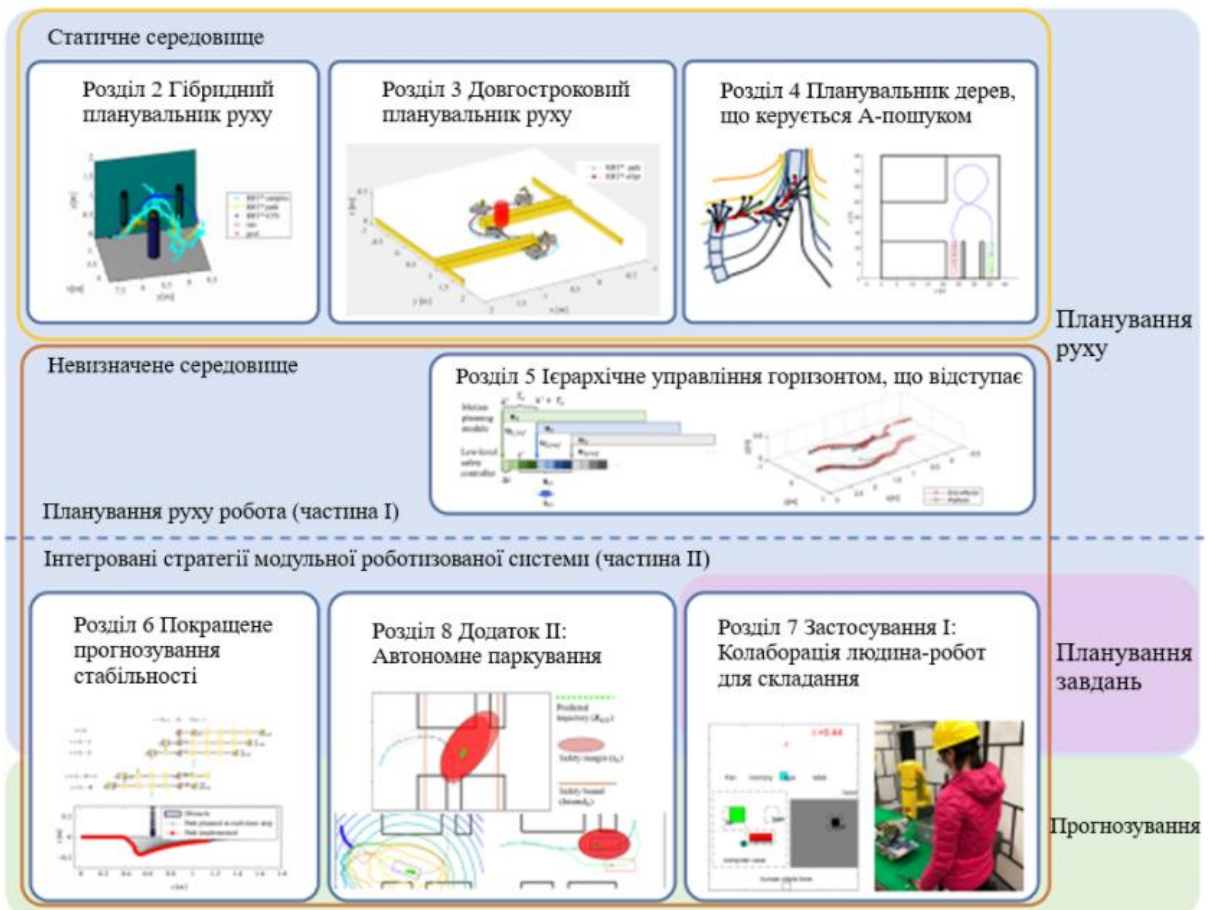


Рисунок 2 – Модулі: прогнозування та планування

ПЛАНУВАННЯ РУХУ НА ВЕЛИКІ ВІДСТАНІ. Багато робототехнічних застосувань вимагають від роботів переміщення на великі відстані, однак планування плану руху на великі відстані є складним завданням через незадовільну здатність сучасних планувальників руху до масштабування. Ми пропонуємо гібридний планувальник, RRT* з сегментною оптимізацією траєкторії (RRT*-sOpt), який може планувати довгострокову навігацію робота в середовищі з перешкодами. Як і RRT*-CFS, RRT*-sOpt поєднує в собі переваги планування на основі вибірки, планування на основі оптимізації та розбиття траєкторії для швидкого планування плану руху без зіткнень та динамічно реалістичного плану руху. Отримавши напівоптимальну опорну траєкторію з шару RRT*, шар sOpt розбиває опорну траєкторію і оптимізує кожен сегмент. Потім він знову розбиває нову траєкторію і повторює процес, поки вся траєкторія не зійдеться. Ми також пропонуємо зменшити кількість сегментів перед збіжністю, щоб ще більше скоротити час обчислень. Результати моделювання показують, що RRT*-sOpt виграє від гібридної структури з розбиттям траєкторії і надійно працює на різних платформах роботів і сценаріях.

ПЛАНУВАННЯ РУХУ ЗЧЛЕНОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ПОШУКУ. Планування руху робота зі складною кінематичною системою, наприклад, тягача з причепом, є складним завданням, оскільки рішення повинно задовольняти високонелінійним кінематичним рівнянням. У цій главі представлено стратегію планування руху, яка використовує вдосконалене кероване дерево A-пошуку для забезпечення автономного паркування загального 3 причепа з автомобілеподібним тягачем.

На відміну від сучасних методів, що базуються на сітці станів, де для забезпечення успішного планування необхідна велика кількість примітивів руху, наша робота дозволяє швидко знайти рішення за межами сітки. Наш метод має щонайменше три переваги: менша кількість і нижча складність проектування примітивів руху, підвищений відсоток успіху і покращена якість траєкторії.

На відміну від дослідження на сітці, де вартість шляху отримується шляхом запиту до евристичної пошукової таблиці, дослідження поза сіткою передбачає чітко визначену евристичну функцію у вузлах поза сіткою. Вручну розробити евристику, яка б враховувала кінематику тягача і причепа та диференціювала різні рівні складності маневру, враховуючи конфігурацію тягача і причепа, досить складно. Тому ми використовуємо можливості методу на основі даних і навчаємо нейронну мережу за допомогою навчання з підкріпленням для моделювання вартості маневру причепа і використовуємо її для отримання евристичного значення, яке наближає вартість пробігу. Моделювання демонструє ефективність запропонованого методу з точки зору часу обчислень та довжини шляху.

ПЛАНУВАННЯ РУХУ В ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ. Планувальники руху повинні знайти баланс між якістю плану та часом обчислень. Час обчислень є критично важливим для безпеки в динамічних середовищах, де планувальник руху повинен швидко перепланувати і реагувати на рухомі перешкоди. Однак, планування руху, природно, займає багато часу, коли модель робота складна, наприклад, мобільний маніпулятор; тому зусиль, спрямованих лише на скорочення часу обчислень планувальника руху, може бути недостатньо.

Ієрархічний алгоритм керування за горизонтом, що віддаляється (HRHC), який забезпечує безпеку, скорочуючи час і відстань переміщення роботів у динамічному середовищі. HRHC містить модуль планування руху на основі оптимізації, який використовує кінематичну надлишковість робота для кращої оптимальності руху, і низькорівневий контролер безпеки, який реагує на швидкі зміни в навколишньому середовищі.

За допомогою цього методу ми перевіряємо продуктивність за допомогою експериментів. Результати показують, що HRHC підвищує ефективність використання простору і може гарантувати локальну безпеку в динамічних і невизначених умовах.

ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДОВИЩА ТА ПЛАНУВАННЯ РУХУ. Безпечно та стабільне планування руху в реальному часі в додатках, що передбачають динамічну взаємодію між людиною та роботом, залишається складним завданням через мінливу в часі природу проблеми. Однією з найбільших проблем є гарантування стабільності алгоритму планування в динамічному середовищі. Зазвичай цю проблему можна вирішити, якщо існує досконалий предиктор, який точно передбачає майбутні рухи перешкод. На жаль, ідеальний предиктор рідко досяжний. Ми обговорюємо необхідні умови стійкості замкненого циклу задачі планування в невизначеному середовищі, використовуючи концепцію модельного предиктивного керування (МПК).

Зроблено висновок, що предиктор повинен бути в змозі виявити зміну режиму руху перешкод в межах допустимого часу затримки, а МПК повинен мати достатній горизонт прогнозування і відповідну функцію витрат. Якщо ці умови виконано, MPC може забезпечити стабільність замкненого контуру, а також уникнути зіткнення, коли режим руху перешкод раптово змінюється (тобто, коли умова зміни режиму не виконується); отже, безпека гарантується. Крім того, продуктивність замкненого контуру досліджується за допомогою поняття М-збіжності, яке гарантує скінченну локальну збіжність (принаймні на М кроків вперед) траєкторій розімкненого контуру до траєкторії замкненого контуру.

За допомогою цього поняття перевіряємо продуктивність запропонованого МНК з прогнозом за допомогою симуляцій та експериментів. За допомогою запропонованого методу

робот може краще справлятися з динамічним середовищем і зменшити вартість замкненого циклу

ВИСНОВКИ. Проведено аналіз існуючих сучасні підходи до інтеграції модульних роботизованих систем у виробничі комплекси, а також вивчено можливості вдосконалення цих систем для підвищення ефективності автоматизації виробничих процесів. Зокрема, досліджено ключові елементи, що впливають на роботу роботизованих модулів, такі як модулі сприйняття, прогнозування, планування та управління.

Результати показали, що ефективність роботи роботизованої системи залежить від того, наскільки тісно і гармонійно інтегровані між собою різні модулі системи. Зокрема, було виявлено, що наявні методи, які часто використовуються для окремих модулів, не забезпечують достатньої взаємодії між ними, що обмежує загальну продуктивність системи.

Таким чином, результати дослідження підкреслюють важливість інтегрованих стратегій у розробці модульних роботизованих систем для виробничих комплексів. Подальший розвиток та впровадження гібридних алгоритмів планування і оптимізації руху дозволить підвищити надійність, продуктивність і безпеку таких систем.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Невлюдов І. Ш. ВЕАМ робототехніка : навч. Посіб. / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова ; Харків. Нац. Ун-т радіоелектроніки, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР). Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д. О., 2024. 276 с. ISBN 978-617-8045-79-1

2. Elhaki, O. And Shojaei, K. (2022). Outputfeedback robust saturated actor–critic multilayer neural network controller for multi-body electrically driven ISSN 2710 – 1673 Artificial Intelligence 2023 № 3 146 tractors with n-trailer guaranteeing prescribed output constraints. Robot. Aut. Syst. 154, 104106. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2022.104106>

3. Jamshidi, Somayeh & Mirzaei, Mehdi & Malekzadeh, Maryam (2023). Applied nonlinear control of spacecraft simulator with constraints on torque and momentum of reaction wheels. ISA Transactions. <http://doi.org/10.1016/j.isatra.2023.03.027>

4. Wong, C.C., Chen, C.J., Wong, K.Y., Feng, H.M. (2023). Implementation of a Real-Time Object Pick-and-Place System Based on a Changing Strategy for Rapidly-Exploring Random Tree. Sensors, 23(10), 4814. <https://doi.org/10.3390/s23104814>

5. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94

6. Yevsieiev, V., & et al. (2024). Object Recognition and Tracking Method in the Mobile Robot's Workspace in Real Time. Technical science research in Uzbekistan, 2(2), 115- 124.

7. Gurin, D., & et al. (2024). Effect of Frame Processing Frequency on Object Identification Using MobileNetV2 Neural Network for a Mobile Robot. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(8), 36-44.

8. Yevsieiev, V., & et al. (2024). Building a traffic route taking into account obstacles based on the A-star algorithm using the python language. Technical Science Research In Uzbekistan, 2(3), 103-112

9. Gurin, D., & et al. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(8), 5-12.

Науковий керівник: Демська Наталія Павлівна, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки