

А.Р. Кравчук, доктор філософії, доцент
Д.Ю. Ткачук, асистентка
О.В. Гордійченко, аспірант
А.Г. Ткачук, к.т.н., доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ В РОБОТИЗОВАНИХ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

У сучасних умовах промисловості зростає потреба в підвищенні гнучкості та автономності роботизованих технологічних процесів. Одним із перспективних напрямів є інтеграція систем технічного зору у складальні операції, що дозволяє значно підвищити точність, адаптивність і надійність роботизованих систем. Технічний зір (ТЗ) забезпечує сприйняття навколишнього середовища, розпізнавання об'єктів, їх положення та орієнтації в просторі, що є критично важливим для реалізації точного складання в умовах змінних виробничих параметрів.

Метою даного дослідження є аналіз переваг, особливостей впровадження та практичних аспектів застосування технічного зору в автоматизованих роботизованих складальних системах. Системи технічного зору, як правило, включають одну або кілька відеокамер, систему підсвічування, блок обробки зображень, а також алгоритми комп'ютерного зору на основі класичних або глибоких методів аналізу. Застосування таких систем дозволяє виконувати складальні операції за наявності неточностей позиціонування деталей, компенсувати відхилення за рахунок реального зображення сцени, виявляти дефекти деталей, контролювати послідовність дій. Особливого значення набуває використання методів глибокого навчання (deep learning), зокрема моделей на основі згорткових нейронних мереж (CNN), які дають змогу розпізнавати об'єкти навіть за часткової оклюзії, зниженої якості зображення чи змінного освітлення. У складальних завданнях це відкриває можливість реалізації адаптивного керування рухом маніпулятора у реальному часі. Застосування ТЗ у складальних роботах може мати такі прикладні форми: автоматичне виявлення та локалізація деталей на конвеєрі, орієнтація деталей у просторі перед захопленням, контроль правильності складання на кожному етапі, автоматичне коригування траєкторій інструментів. Наприклад, програмне середовище RoboDK дозволяє моделювати 2D та 3D камери для розробки та тестування алгоритмів комп'ютерного зору. Симульовані камери можуть бути прикріплені до роботів або розміщені стаціонарно, що забезпечує гнучкість у налаштуванні системи. Цей підхід дозволяє інженерам віртуально налаштовувати та оптимізувати системи технічного зору перед їх впровадженням на виробництві, що знижує витрати та час на налаштування.

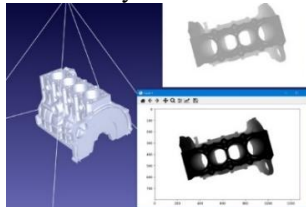


Рис. 1. Симуляція камери в RoboDK для розпізнавання об'єктів на складальній лінії

Основними викликами при інтеграції систем технічного зору є забезпечення синхронізації обробки зображення з рухами маніпулятора, зниження затримок обчислень, уніфікація форматів даних, а також вибір оптимальних алгоритмів з урахуванням складності сцени та обмежень реального виробництва. У підсумку можна стверджувати, що застосування технічного зору є ключовим фактором підвищення інтелектуалізації складальних роботизованих систем. Впровадження таких рішень сприяє зниженню браку, підвищенню продуктивності, зменшенню залежності від жорстких механічних шаблонів і дозволяє реалізувати принципи адаптивного та гнучкого виробництва в умовах Індустрії 4.0. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку стандартизованих модулів технічного зору, інтегрованих у структури керування розподіленими робототехнічними комплексами.

Список використаних джерел:

1. Ткачук Д.Ю., Ткачук А.Г., Богдановський М.В., Кравчук А.Р. Керування універсальним роботом UR3 за допомогою системи машинного зору в реальному часі. Тези доповідей V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення», 1–2 грудня 2022 року. Житомир : «Житомирська політехніка», 2022. С.355-356.

В.А. Кирилович, д.т.н., професор
А.Р. Кравчук, доктор філософії, доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЄКТУВАННЯ КОЛАБОРАТИВНИХ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У сучасних умовах активного впровадження колаборативних роботизованих технологій (КРТ) у механоскладальних виробництвах постає необхідність розробки ефективних методик початкових етапів їх (КРТ) проєктування (аванпроєктування). Одним із перспективних підходів щодо цього є розроблений авторами трирівневий системний підхід [1], реалізація якого можлива лише за умови наявності відповідного інформаційного забезпечення. Під інформаційним базисом у цьому контексті розуміється систематизований обсяг постійної, змінної та умовно-постійної інформації, який забезпечує прийняття обґрунтованих технологічних рішень на етапі аванпроєктування КРТ. Комплексність та складність задач, що розв'язуються в межах технологічної підготовки (ТПг) колаборативних роботизованих механоскладальних виробництв (КРМСВ), вимагає врахування різних характерних вхідних даних, обсяг та взаємозв'язки яких суттєво зростає в процесі обчислень. Це, в свою чергу, впливає на ефективність функціонування ТПг КРМСВ, особливо з урахуванням фактору часу, вартості проєктування та обґрунтованості прийнятих рішень. При цьому розробка інформаційного забезпечення є ключовою передумовою досягнення цілей трирівневого підходу та підвищення адаптивності технологічного середовища до змінних виробничих умов.

Інформаційний базис такого підходу складається з трьох основних компонентів. Постійна інформація (I_{const}) включає в себе методики та інші вхідні дані, що не змінюються залежно від умов задач, зокрема, метод аналізу ієрархій (МАІ), схеми ієрархічних структур, матричні операції, а також атестація метрик маніпуляційних систем (МС) промислових роботів (ПР) та КПР тощо. Остання (атестація) реалізується у вигляді окремої методики, що забезпечує визначення геометричних параметрів робочої зони аналізованого КПР або ПР з урахуванням координат та орієнтації захоплювального пристрою (ЗП). Методика реалізована в програмному середовищі RoboDK, де моделюється здатність робота утримувати ЗП у заданих та/або необхідних орієнтації та координатах в системі координат ПР, зокрема визначається мінімальна та максимальна відстань по осі Z залежно від положення по осі X. Ці дані є основою для побудови 3D-моделей робочих зон ПР та використовуються на етапах планування технологічного обладнання в робочій зоні ПР/КПР, траєкторій руху ЗП тощо. Змінна інформація (I_{var}) охоплює варіативну частину вхідних даних, яка безпосередньо залежить від конкретного прикладного завдання. Вона включає дані про промисловий робот, кінцевий робочий орган, оператора, об'єкт виготовлення, технологічне обладнання, тип технології, кількість експертів, множину критеріїв тощо. Унікальність задач КРТ забезпечується саме цією інформацією.

Умовно-постійна інформація ($I_{c, const}$) є проміжним компонентом між I_{const} та I_{var} і складається з двох частин. Перша – фіксована умовно-постійна інформація ($I_{cf, const}$), яка не підлягає подальшій зміні, наприклад, математичний апарат нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА). Друга – перероблена частина ($I_{cr, const}$), яка формується в результаті обчислень та аналізу, і включає, зокрема, величини технологічних переміщень, геометричні параметри рухомих ланок, потужності приводів тощо. У межах атестації метрики ці параметри також використовуються для визначення просторової досяжності КПР в реальних умовах виробництва.

Таким чином, ефективне інформаційне забезпечення є критично важливим компонентом для успішного проєктування КРТ на ранніх етапах проєктування КРМСТ. Його розробка дозволяє не лише підвищити прийнятність і обґрунтованість прийнятих рішень, а й забезпечити адаптацію технологій до умов гнучкого виробництва. Зокрема, результати атестації метрики МС КПР можуть розглядатися як апіорна інформація при розміщенні технологічного обладнання, плануванні допоміжних операцій, а також при побудові траєкторій руху виконавчих механізмів у механоскладальних технологіях. Подальші дослідження доцільно спрямовувати на автоматизацію обробки змінної інформації та інтеграцію інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у процес проєктування КРМСВ.

Список використаних джерел:

1. Кирилович В.А., Кравчук А.Р. Трирівневий підхід до початкових етапів проєктування колаборативних роботизованих технологій // Науковий журнал “Вісник Хмельницького національного університету Серія: “Технічні науки”. 2023. №4. С. 180-187.

А.Р. Кравчук, доктор філософії, доцент

М.Нєвєдров, бакалавр, ФКІТМР

Державний університет «Житомирська політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ МУЛЬТИРОТОРНИХ ДРОНІВ В АГРОСФЕРІ

У сучасному сільському господарстві активно впроваджуються цифрові технології, зокрема дрони з автономною навігацією. Їх застосування забезпечує ефективний моніторинг посівів, точкове внесення добрив, картографування полів та прогнозування врожайності. Особливої уваги заслуговують мультироторні дрони, оснащені високоточними сенсорами, модулями GPS-навігації, а також елементами штучного інтелекту та комп'ютерного зору, а також з функціоналом автоматизованої роботи.

Метою дослідження є аналіз перспектив розвитку систем автономної навігації мультироторних дронів в агросфері та демонстрація можливості створення експериментального зразка для задач агромоніторингу.

У межах дослідження було розроблено прототип дрона (див. рис. 1) з автономною навігаційною системою, що включає GPS-модуль, гіроскоп, барометр, акселерометр та телеметрію. Обладнання забезпечує отримання координат, висоти, швидкості, напрямку руху, що дозволяє дрону самостійно орієнтуватися на місцевості та здійснювати польоти за заданими маршрутами. Завдяки автономній навігації мінімізується участь оператора, підвищується точність виконання завдань та зменшуються витрати на обслуговування техніки.



Рис. 1. Прототип мультироторного дрона з системою навігації GPS

Проаналізувавши роботу вищевказаного прототипу визначено переваги, недоліки та особливості сучасних навігаційних систем. Отримані результати підтверджують ефективність використання таких систем у сільському господарстві, зокрема для моніторингу стану посівів на великих територіях в автоматизованому режимі роботи, тобто без прямого втручання оператора дрону під час польоту. Проте залишаються проблеми, пов'язані з надійністю функціонування в умовах слабого сигналу GPS або несприятливих погодних умов. Також все ще існують проблеми польоту на низьких висотах у місцях із складним рельєфом, через ймовірність виникнення колізій.

У підсумку зазначимо, що автономна навігація мультироторних дронів є важливим напрямом розвитку цифрового землеробства, здатним значно підвищити продуктивність агросистем. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів навігації та розширення можливостей безперервної роботи дронів в умовах обмеженої видимості, відсутності сигналу GPS, а також із перешкодами. Основними перспективними напрямками щодо вирішення вищевказаних проблем можуть бути штучний інтелект, комп'ютерний зір, сучасні гнучкі та адаптивні алгоритми навігації, а також застосування комбінованих типів автономної навігації.

Список використаних джерел:

1. Agricultural Drones: A New Paradigm for Agriculture [Електронний ресурс] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome: FAO, 2018. – 56 с. – Режим доступу: <https://www.fao.org/3/ca6345en/ca6345en.pdf>

НОВІ ПІДХОДИ ПРИ СТВОРЕННІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ МАЛОГАБАРИТНОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Дослідження в галузі паркування електросамокатів та малогабаритного електротранспорту зосереджене на розробці та вдосконаленні автоматизованих систем управління. Це включає в себе вивчення новітніх технологій, таких як IoT-сенсори, аналітичні модулі та інтелектуальні паркувальні станції, що дозволяють забезпечити ефективне управління паркувальними просторами.

Дослідження щодо вирішення такого питання охоплює різні аспекти, такі як оптимізація використання міського простору, підвищення безпеки транспорту, впровадження систем моніторингу та ідентифікації користувачів. Крім того, дослідження враховують соціальні та екологічні фактори, пов'язані з розвитком електротранспорту в містах, що сприяє формуванню більш стійкої та комфортної урбаністичної інфраструктури.

Актуальність досліджень щодо створення автоматизованих систем управління паркуванням електросамокатів та малогабаритного електротранспорту зумовлена стрімким зростанням популярності цього виду транспорту в містах, що супроводжується новими викликами в організації їх паркування. Зі збільшенням кількості електросамокатів виникає потреба в ефективних рішеннях для управління паркувальними просторами, щоб уникнути хаотичного розміщення і забезпечити безпеку як для користувачів, так і для пішоходів.

Предметом дослідження щодо заявленої тематики може стати розробка, впровадження та вдосконалення автоматизованих систем управління процесами паркування. В процесі розробки доцільно розглянути такі питання:

1. Розробка автоматизованих алгоритмів управління паркуванням: створення та вдосконалення алгоритмів для автоматичного визначення вільних місць для паркування, резервування місць та моніторингу їх заповненості; розробка системи для адаптації розподілу транспортних засобів в залежності від змінюваного попиту на паркування в різних частинах міста.

2. Інтеграція паркувальних систем з іншими міськими транспортними мережами: впровадження рішень для інтеграції автоматизованих систем паркування з іншими видами транспорту, такими як громадський транспорт, таксі, каршеринг тощо, для забезпечення єдиного транспортного простору.

3. Розробка інтерфейсів для користувачів: створення зручних мобільних додатків або веб-платформ, які дозволяють користувачам знаходити, бронювати та оплачувати паркувальні місця для електросамокатів та інших малогабаритних електротранспортних засобів; забезпечення безпеки та зручності використання через інтуїтивно зрозумілі інтерфейси та механізми автентифікації.

4. Оптимізація процесів зарядки електротранспорту: розробка автоматизованих станцій для зарядки електросамокатів, що дозволяють заряджати транспортні засоби без необхідності вручну підключати їх до джерела енергії; використання технологій моніторингу стану батарей та управління енергоспоживанням для оптимізації зарядки.

5. Розробка системи моніторингу та аналітики: створення системи для збору та аналізу даних про використання електросамокатів та паркувальних місць, що дозволяє прогнозувати попит, покращувати управління ресурсами і оптимізувати систему паркування в реальному часі.

6. Забезпечення відповідності системи до екологічних стандартів: врахування екологічних аспектів при проектуванні автоматизованих систем, таких як мінімізація викидів CO₂, оптимізація енергоспоживання, впровадження зеленої енергетики для зарядки транспорту.

Ці завдання орієнтовані на створення інтегрованої, ефективної та стійкої системи управління паркуванням, що забезпечує зручність і безпеку користувачів, а також максимальну ефективність використання ресурсів і покращення міської транспортної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Гайдук В. Інтелектуальні транспортні системи: сучасний стан та перспективи розвитку / В. Гайдук // Вісник Київського національного університету будівництва і архітектури. – 2021.

2. Smart Cities World. Інновації у міському паркуванні. – Режим доступу: <https://www.smartcitiesworld.net>

В.А. Кирилович, д.т.н., професор

О.Г. Левченко, магістр

Є.С. Пуховський, д.т.н., професор

Державний університет «Житомирська політехніка»

МЕТОДИКА ОРТОГОНАЛЬНИХ ВЕКТОРІВ ТА ChatGPT ЯК МЕТОДИЧНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ОСНОВА НЕЧІТКОГО БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ

В даній роботі запропоновано новий підхід щодо нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив (НБВА). Його особливістю є комплексне поєднання методичної складової НБВА, що представлена методикою ортогональних векторів (від англ. Total Area based on Orthogonal Vectors, в подальшому **TAOV**-методика) [1] та обчислювальної складової, що забезпечує автоматичні обчислення відповідних методично обумовлених кроків з використанням боту **ChatGPT** [2]. Таке поєднання методичної та обчислювальної складових використовується вперше і в доступних інформаційних джерелах відсутнє. Працездатність вказаного підходу проілюстрована на прикладі нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ (роботизованих механоскладальних технологій).

Використання **TAOV**-методики, основна ідея якої базується на використанні ортогональних векторів для визначення загальної площі, яка відображає пріоритети між різними альтернативами, передбачає реалізацію трьох етапів (**E1**, **E2**, **E3**) та полягає в наступному.

Ініціалізація (Initialization) E1. На цьому етапі визначаються всі локальні критерії, що входять до так званої дискретної множини локальних критеріїв вибору – ДМЛК (множина **S**), які будуть використовуватись для оцінювання альтернатив (множина **E**, це множина експертів). Тобто кожна альтернатива описується в багатовимірному просторі ДМЛК, де кожна координата відповідає значенню альтернативи за певним критерієм. Результатом **E1** є формування так званої зваженої нормалізованої матриці.

Ортогоналізація (Orthogonalization) E2. Вектори критеріїв трансформуються таким чином, щоб між ними зберігалась ортогональність. Це забезпечує відсутність впливу кореляції між критеріями на процес оцінювання. При цьому, як і на **E1** та на **E3**, виконуються певні кроки.

Для визначення головних компонентів та їх аналізу на **E2** використовується програмний продукт (ПП) **SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)** – це ПП, що є у вільному доступі в мережі Internet, розроблений для статистичного аналізу даних. Він широко використовується в соціальних науках, маркетингових дослідженнях, охороні здоров'я, урядових установах та інших галузях для обробки та аналізу статистичних даних [3].

На цьому ж етапі розраховується загальна площа альтернатив та за умови бажання особи, що приймає рішення, використати в якості критерію вибору міру бажаності, визначається нормована міра загальної площі, що і є кінцевим критерієм вибору. Останній представляється рейтинговою послідовністю цілих чисел. При цьому пріоритети представляються від найбільшого (найкращий результат) до найменшого (найгірший результат) рангу (рейтингу). Загальним результатом виконання **E2** є створення ортогональної матриці рішень.

Порівняння (Comparison) E3. Його змістом є аналіз та порівняння різних варіантів рішень (загальний простір рішень), що може бути основою для зниження ризиків або оптимізаційних рішень щодо безпеки. Процес порівняння визначеного простору рішень виконуються на основі отриманих результатів НБВ РМСТ. Порівнюються результати НБВ РМСТ, що отримані модифікованими та алгоритмічно і програмно реалізованими методиками, а саме: методикою найгіршого випадку (**WMS – Worst Method Solution**), квазі-кращого випадку (**QBMS – Quasi-Best Method Solution**), методики середнього випадку: середньо арифметичного (**MMS:A – Arithmetic Mean Method Solution**), медіанного (**MMS:M – Mediane Method Solution**), середньоквадратичного (**MMS:S – Root Mean Square Method Solution**), середньгеометричного (**MMS:G – Geometric Mean Method Solution**).

Основними математичними операціями при реалізації всіх наведених методик в переважній більшості випадків є операції з матрицями.

ChatGPT (від англ. **Generative Pre-trained Transformer**, укр. породжувальний попередньо тренований трансформер) – це чат-бот та віртуальний помічник з генеративним штучним інтелектом, розроблений компанією OpenAI і офіційно представлений широкому загалу українських користувачів 2022 року. Побудований на основі великої мовної моделі та оптимізований для ведення діалогів природними мовами, ChatGPT здатен генерувати відповіді в різних предметних областях, різного формату, розміру, стилю та рівня деталізації, враховуючи при цьому контекст розмови [2].

Основними особливостями **ChatGPT** є:

- робота з природною мовою, що дозволяє моделі взаємодіяти, з користувачами, включаючи діалогові процедури та отримуючи від них критерії та пріоритети для розв'язання задач НБВА, а також надавати зрозумілі рекомендації;

- використання нечітких критеріїв дозволяє **ChatGPT** працювати з нечіткими поняттями завдяки своїм можливостям розпізнавання контексту та обробки складної інформації;

- автоматизація та оптимізація визначає функціональність **ChatGPT**;

- машинне навчання та адаптація забезпечує **ChatGPT** можливість навчатися на базі великих обсягів даних, що дозволяє моделі вдосконалювати свої можливості та пристосовуватися до конкретних задач НБВА. Це підвищує точність та ефективність роботи моделі;

- інтеграція з іншими системами та програмними продуктами, що полегшує доступ до необхідної інформації та забезпечує комплексний підхід до розв'язання задач НБВА;

- можливість навчання та розвитку з огляду на те, що **ChatGPT** є динамічним інструментом, що дозволяє моделі залишатися актуальною та ефективною навіть у швидко змінюваних умовах;

- “чутливість” до некоректно поставлених запитань (задач) в режимі діалогу, що може призвести до унеможливлення розв'язування задач.

З огляду на вище викладене можна стверджувати наступне [4]:

- **ChatGPT** може бути використаний для аналізу та оцінки різних локальних критеріїв із їх локальної множини, формування векторної оцінки для множини альтернатив та для кожної з них;

- модель може автоматично генерувати можливі альтернативи та оцінювати їх відповідно до заданих критеріїв;

- **ChatGPT** дозволяє ранжувати альтернативи та вибирати із них оптимальну в заданому сенсі;

- змістовна сутність математичних операцій у всіх названих вище методиках може без ускладнень бути реалізована **ChatGPT**.

Доцільно акцентувати, що всі етапи **TAOV**-методики успішно реалізовані з використанням **ChatGPT**.

Комплексне використання **TAOV**-методики та чат-боту **ChatGPT** продемонстроване на прикладі НБВ РМСТ. Отримані результати в контексті порівняння з рішеннями, отриманими іншими методиками, є достатньо узгодженими за коефіцієнтом кореляції Кендалла $W = 0,841$ (для первинних необроблених даних $W = 0,429$) та методами (TOPSIS, PROMETHEE-II, GRA) з відповідними коефіцієнтами Спірмена, що лежать в межах 0,643-0,823, показали прийнятність запропонованого комплексного підходу і отриманих результатів, що дозволяє рекомендувати подібні підходи для розв'язування різногалузевих задач НБВА.

Таким чином, стисло представлений тут новий підхід щодо автоматизації процесу вибору РМСТ як задачі НБВА, складовими якого (підходу) є використання **TAOV**-методики (методична компонента) та **ChatGPT** (обчислювальна компонента) можна розглядати як один із напрямків підвищення ефективності технологічної підготовки роботизованих механоскладальних виробництв на етапі вибору РМСТ за рахунок підвищення обґрунтованості рішень, що приймаються при цьому, та підвищення швидкодії процесу вибору як такого.

Список використаних джерел:

1. A Novel Hybrid Approach for Technology Selection in the Information Technology Industry / Nima Garoosi Mokhtarzadeh and another. Technologies 2018, 6, 34; doi:10.3390/technologies6010034. URL: www.mdpi.com/journal/technologies

2. ChatGPT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chat.openai.com/>

3. IBM SPSS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://SPSS Software | IBM>.

4. Левченко О.Г., Кирилович В.А., Пуховський Є.С. Щодо можливості використання ChatGPT при розв'язуванні задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив // Тези доповідей наук-техн. конференції “Тенденції розвитку технологій в автоматизації, електроенергетиці, приладобудуванні та робототехніці (присвячена дню науки)”, Житомир, 24 травня 2024 року. – С. 44-45.