

Андрієць Є.М., магістрант, гр. АТ-23м, І курс, ФКТМР
Коваль А.В., к.т.н., доц., доц. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА МЕХАТРОННА СИСТЕМА РОБОТ-ГЕКСАПОД. РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

На сьогодні мобільна робототехніка займає все більшу роль у нашому житті та в різних галузях суспільства. Медицина вже багато років використовує мобільні роботи для переміщення матеріалів та частково для хірургічних операцій. Роботів ефективно використовують на складах для точного переміщення матеріалів чи палет з полиць на зону виконання замовлення. Мобільні роботи також зустрічаються у сільському господарстві, військовій, хімічній та гірничій промисловості основним напрямком яких є дослідження небезпечних зон та поверхонь, розвідка, підривні і саперні роботи, надання допомоги в робочих процесах і навіть для виконання завдань у неможливих та небезпечних місцях, які загрожують життєвій діяльності людини.

Мобільні роботи також можуть бути автономними, які здатні самостійно керуватися у неконтрольованому середовищі без додаткових електромеханічних приладів. Взагалі мобільні роботи є гнучкими та швидкими у впровадженні тому, що вони можуть легко адаптуватися та рекомендувати свої параметри налаштувань про можливі шляхи вирішення завдань, які будуть поставлені перед роботом.

Гексапод – це програмована мобільна платформа, яка складається шести рухомих ніжок, які кріпляться до тіла робота, схожий за своєю побудовою імітує клас павукоподібних. Загальний вигляд розробленого робота-павука зображено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд робота гексапода

Одним із мотивуючих факторів, який часто надається для розвитку роботів павуків, є те, що вони мають більшу здатність переступати через перешкоди ніж колісні та гусеничні засоби. Це особливо важливо в таких небезпечних середовищах, як шахтні поля, або там, де важливо зберегти положення робота. Однією з головних переваг мобільних роботів є їх можливість впровадження комп'ютерного зору, за допомогою якого дозволяє точно спостерігати за своїм оточенням, вміння уникати перешкоди та розпізнавати об'єкти у реальному часі. У майбутньому дослідженні планується навчити розпізнавати кольори, після чого робот павук буде виконувати певні дії в залежності від кольору. Планується розробити веб додаток для дистанційного керування, що полегшить дистанційну роботу керування робота гексапода. За допомогою веб додатку зможемо вибирати алгоритми рухів та спостерігати пряму відео трансляцію, тобто перебування робота павука. В даній розробці будуть використані найновіші технології та пакети програм, що будуть відповідати високій надійності, гнучкості перенастроювання та швидкості гексапода.

Отже, мобільні роботи – це наше майбутнє. Мобільні роботи отримали величезне значення завдяки своїм перевагам, таким як безпека людей, попит на високу ефективність, підвищена гнучкість, легкість у переміщенні між об'єктами та швидкість.

Андрєєв П.І., магістрант, гр. АТ-23м, І курс, ФКІТМР
Добрянський О.О., к.т.н., доц., доцент каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

КАРТОГРАФУВАННЯ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ У НЕСТАТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Кожного разу, коли мобільні роботи діють у реальному світі, вони мають справу з нестатичними об'єктами. У контексті картографування – загальна техніка обходження з динамічними об'єктами – це фільтрація помилкових вимірювань, відповідних таким об'єктам.

Створення мап є суттєвою проблемою робототехніки яка вивчається протягом декількох років. Більшість підходів до картографування за допомогою мобільних роботів базується на припущенні що середовище є статичним. Динамічні об'єкти можуть призвести до серйозних помилок в отриманій мапі. Популярною технікою поводження з нестатичним середовищем є визначення динамічних об'єктів та відфільтровування зміни дальності, відбитої цими об'єктами. Їх головний недолік полягає в тому, що отримані мапи містять лише статичні аспекти зовнішнього середовища.

Метою даної роботи було дослідження альтернативного рішення для вирішення проблеми з динамічним середовищем, чітко моделюючи низько динамічні або квазістатичні стани. Цей підхід мотивований тим, що багато динамічних об'єктів з'являються лише в обмеженій кількості можливих конфігурацій. Як приклад, розгляньте двері в офісних умовах, які, як правило, відкриті або закриті. У такій ситуації прийоми для фільтрації динамічних об'єктів створюють мапи, які не містять дверей. Це може бути проблематично, оскільки у багатьох коридорах двері є важливими особливостями локалізації. Знання про різні можливі конфігурації можуть суттєво покращити можливості локалізації мобільного робота. Тому важливо інтегрувати таку інформацію в мапу навколишнього середовища.

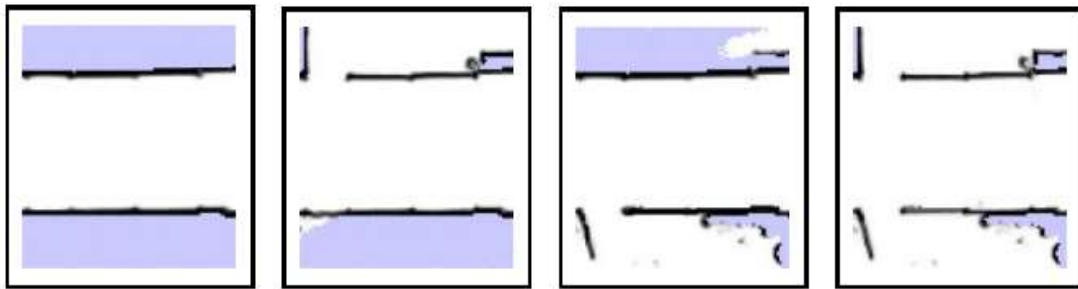


Рис. 1. Можливі стани локальної області.
Різні конфігурації відповідають відкритим і закритим дверям

Як приклад розглянемо окремі мапи, зображені на рис. 1. Ці мапи відповідають типовим конфігураціям одного і того самого місця та були вивчені мобільним роботом, що працює в офісних умовах. Вони показують частину коридору, що включає дві двері та їх типовий стан. Ключова ідея роботи – вивчити такі місцеві конфігурації та використовувати цю інформацію для підвищення точності локалізації мобільного робота. Алгоритм ділить всю мапу на кілька під-мап і вивчає для кожної з них типові конфігурації відповідних частин навколишнього середовища. Це досягається кластеризацією мап локальної сітки.

Ми можемо використовувати інформацію про зміни в середовищі під час збору даних для оцінки можливих просторових конфігурацій та збереження їх у моделі мапи. Для цього побудуємо під-мапу для кожної області, в якій спостерігалися динамічні аспекти. Потім ми вивчаємо кластери під-мап, які представляють можливі стани середовища у відповідних областях.

Щоб робот міг вивчати різні стани навколишнього середовища, припускаємо, що робот спостерігає за тими самими областями в різні моменти часу. Кластеризуємо локальні мапи, побудовані під час різних спостережень з метою отримання можливих конфігурацій середовища. Для досягнення цього ми спочатку сегментуємо дані сенсора, сприйняті роботом, в послідовність спостереження. Кожного разу, коли робот виходить з під-мапи, поточна послідовність закінчується і відповідно нова послідовність спостереження запускається, як тільки робот вводить нову під-мапу.



Рис. 2. Мапа з клаптиків, що представляє різні конфігурації, засвоєні для окремих під-мап в типовому офісному середовищі

Однією з можливостей поширити представлений підхід є комбінування такої моделі мап з прийомами одночасної локалізації та картографування. Крім того, було б цікаво застосувати методи онлайн кластеризації.

Наступним аспектом, який детально не проаналізований, є використання топологічної інформації для поділу навколишнього середовища на під-мапи. Можливо, така сегментація ведуть до більш інтуїтивного набору під-мап. Тим не менш, результати, отримані в нинішній роботі є перспективними.

Баранов І.О., аспірант
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України
Науковий консультант – Богоявленська Ю.В., к.е.н.,
доцент кафедри цифрової економіки та міжнародних економічних відносин
Державний університет «Житомирська політехніка»

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ПРЕДМЕТІВ В ЗЗСО

Четверта промислова революція, що характеризується максимальною автоматизацією цифрового виробництва, біо- та нанотехнологіями, керуванням інтелектуальними системами в режимі реального часу в постійній взаємодії з зовнішнім середовищем, повністю змінює концепції та підходи до сучасного навчання, стираючи міждисциплінарні кордони. Усвідомлюючи всю необхідність в забезпеченні конкурентоспроможного та компетентного суспільства, провідні країни світу запровадили концепції STEM як інтегрованої освіти, що поєднує в собі науку, технології, інженерію та математику. В Україні, в свою чергу, розроблено методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої освіти [2] для посилення в учасників освітнього процесу мотиваційної складової щодо вивчення предметів природничо-математичного циклу та набуття відповідних навичок. Одним із ключових інструментів впровадження STEM є робототехніка, що піднімає освітні технології на новий рівень. Відповідно до цього, спостерігається постійне збільшення кількості наукових досліджень, що розглядають робототехніку та її вплив на академічні та соціальні навички здобувачів освіти.

Огляд літератури показує, що освітня робототехніка - це зростаюче поле з великим потенціалом впливу на освітню природу науки та техніки на всіх навчальних рівнях, починаючи з дитячого садку до університету. Так, наприклад, у своїх напрацюваннях Крамаренко Т.Г., Банада О.С. [1] розкривають особливості використання робототехніки в процесі навчання математики, в статтях Морзе Н.В. [3] розглядаються напрями використання та необхідність впровадження освітньої робототехніки як складової STEM), однак вплив на навчання учнів залишається недостатньо вивченим.

Тому у нашій роботі ми розглянемо переваги використання робототехніки як засобу творчого розвитку знань та вмінь здобувачів освіти в процесі досягнення цілей, а також проаналізуємо ефективність інтеграції освітньої робототехніки як міждисциплінарного інструменту в процесі викладання та навчання.

Діяльність STEM для учнів – це поєднання науки, технології, інженерії та математики, але ми пропонуємо включити «А» (Art) в значенні «творчість», щоб перетворити STEM на STEAM. STEAM піднімає STEM на наступний рівень: дозволяє учням поєднати свої знання в цих галузях разом з мистецькими практиками, елементами та принципами дизайну, щоб охопити весь діапазон навчання. STEAM знімає обмеження та створює середовище, в якому учні зіштовхуються з критичними компонентами навчання (наприклад, комплексним вирішенням проблем, командною роботою, креативним мисленням, комунікативними навичками тощо). Для цієї мети цілком підходять нові технології, і взагалі робототехніка.

Навчальна робототехніка багата на можливості інтегрувати не тільки STEAM, але й багато інших предметів, включаючи предмети художньо-естетичного циклу. Крім того, робототехніка може розширити в учнів розуміння щодо реальності різних живих організмів нашої планети і, таким чином стати невід'ємною частиною дисциплін, таких як наука, біологія, психологія та соціологія. Її також можна використовувати при вивченні курсів лінгвістики та літератури. Робототехніку можливо застосовувати у формальних та неформальних навчальних програмах, надаючи учням можливість знайти шляхи спільної роботи для розвитку навичок співпраці, виразити себе за допомогою технологічного інструменту, мислити критично та інноваційно. Даний інструмент став унікальним засобом навчання, що може запропонувати практичні, цікаві заняття в творчому навчальному середовищі, пробуджуючи учнівську цікавість, винахідливість та ідентичність.

Робототехніка – це пізнавальний засіб або "Mindtool", який пов'язаний з конструктивізмом. Теорія викладання та навчання, яка підтримує конструктивізм, підкреслює виховну цінність таких дій, що може забезпечити інтеграція робототехніки у навчальну практику. Такі процеси, засновані на філософії "навчання шляхом конструювання", дають учням можливість розвивати інтерактивне мислення, вступати в процес оцінювання, диференціації, перепроєктування, реконструкції та перепрограмування своїх об'єктів. У конструктивному навчальному середовищі учні мають можливість керувати своїм навчанням; вони вільні думати та вирішувати, як діяти далі.

Вона створює мультисенсорний досвід, який значно підвищує здатність дитини до навчання та захоплення. Технологія всеохоплююча і адаптована до природних інстинктів відчувати, чути, бачити і переживати. Отже, раннє введення в робототехніку матиме стійкий і позитивний вплив на дитину, надаючи їй явну перевагу в усіх аспектах життя. Творчість, як і технологія, будується на уявних та оригінальних процесах мислення. Не має значення, чи вона має форму остаточного виразу, як музика, танець, живопис, поезія чи проза. Платформа з відкритим кодом, яка надає подальші дії роботі, насправді є тим порожнім

полотном для творчих думок та натхнення. Тут дитина може малювати бінарними кодами і бачити результати.

Навчання за допомогою робототехніки дає учням, які зазвичай є споживачами технологій, можливість розібратися, дослідити та глибоко поринути в серце самої технології. Розробляючи, конструюючи, програмуючи та документуючи розробку автономних роботів або проєктів з робототехніки, здобувачі освіти не лише засвоюють механізм технології, але й змістовно та захоплююче застосовують знання та вміння, отримані в школі. Робототехніка в класі допомагає учням з особливими потребами розвивати власний особистий темп та досвід навчання, отримуючи доступ до інформації та навчального вмісту по індивідуальному шляху. Наприклад, дітей з аутизмом можна підтримувати роботами по навчанню спілкування та соціальним навичкам, взаємодіючи зі спеціальними пристроями, які адаптують відповіді згідно реакцій учнів. Це може допомогти розвинути здібності, які сприятимуть подальшій інтеграції в суспільство.

Нарешті, одні з останніх досліджень [4] стверджують, що робототехніка, яка використовується як навчальний інструмент, допомагає учням розвивати знання та навички, необхідні для виживання у постійно мінливій, прогресуючій ері інформаційного суспільства 21-го століття. Роботи – це веселий спосіб вирішення проблем: учням надається можливість пояснити свої дії та міркування, на які вони опирались для розуміння різних методик та альтернатив. Це знайомить учнів з методом вирішення проблем у реальному світі. Один із способів використання кодування учнями - це навчити їх створювати та використовувати алгоритми. Алгоритм - це низка кроків, які слід здійснити для досягнення мети у визначеному порядку. Більшість учнів не знають, що в їх повсякденному житті використовується стільки алгоритмів. Комп'ютерні кодування допомагають навчати учнів використовувати їх логіку та пояснювати її. Кодування передбачає вибір: найкращої команди для використання, кращого порядку подій або найкращої структури самого коду. Завдяки цим рішенням учні можуть навчитися міркувати та аргументувати свій вибір, демонструючи свій код іншим.

Як ще одна перевага, робототехніка - це широко розповсюджена технологія навчання, яка може призвести до збільшення кількості громад та освітніх можливостей: від змагань з робототехніки до хабів творчості для друзів, надаючи учням можливість пишатися власним витвором мистецтва.

Однак, в процесі дослідження переваг використання ми зіштовхнулись з низкою проблем, яким частково будуть присвячені наші подальші дослідження. Нажаль, все, що стосується питань розвитку технологічного розширення можливостей навчання викликає певний скептицизм стосовно формальних систем та установ освіти йти в ногу зі змінами та ставати більш гнучкими та динамічним. Звичайно, є винятки з вчителів, які змогли інтегрувати робототехніку в звичайному навчанні, проте це вдавалось більше на рівні позашкільних занять та факультативів. Серед перешкод впровадження робототехніки в рамках звичайної освітньої діяльності є й вартість необхідного обладнання та наборів. Проблема також прослідковується в уявленнях про те, що робототехніка, як і інші інструменти STEAM, є важкою, дуже гендерно упередженою діяльністю (лише для хлопчиків!) і не є привабливою для більшості дівчаток.

Таким чином в нашому дослідженні ми розглянули інтеграцію робототехніки як навчального інструменту. Отже, воно додає відносно нового об'єму літератури, що стосується інтеграції робототехніки як освітнього засобу. Крім того, це дає фундамент для подальшого вивчення робототехнічної ролі в навчальному процесі та сприянні розвитку навичок мислення учнів, а також взаємозв'язок міждисциплінарного циклу та навчальної робототехніки. Майбутні дослідження також спрямовані на подальші вивчення та визначення відповідних навчальних педагогік та підходів, які слід застосовувати при інтегруванні робототехніки в аудиторії. Крім того, результати дослідження мають важливе значення для освітян, які ще здобувають фахові навички у ВНЗ. Це велика необхідність у відповідній підготовці університетських програм навчання та професійного розвитку надати майбутнім педагогам такі знання та вміння, які підвищать їхню здатність відповідати сучасним освітнім вимогам. Нарешті, на освітян покладається значна відповідальність за оснащення учнів необхідними знаннями та вміннями, аби відповідати вимогливому інформаційному суспільству.

Список використаної літератури:

1. Крамаренко Т. Г., Банада О.С. Робототехніка як напрямок STEM-освіти та її зв'язок з математикою. [Електронний ресурс]. URL: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/jspui/bitstream/0564/2310/1/%D1%81%D1%82%D0%B0B0.pdf>
2. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2019/2020 навчальному році. Лист ІМЗО № 22.1/10-2876 від 22.08.19 року. [Електронний ресурс]. URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/65463/ (дата звернення: 19.02.2020).
3. Морзе Н.В., Струтинська О.В., Умрик М.А. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. [Електронний ресурс]. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/175> (дата звернення: 14.03.2020).
4. Amy Eguchi Educational Robotics for Promoting 21st Century Skills. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems VOLUME 8, N° 1 2014. [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/274882640_Educational_Robotics_for_Promoting_21st_Century_Skills/link/580e57e108ae51b863966d9c/download (дата звернення: 02.04.2020).

Безвесільна О.М., д.т.н., проф., професор каф. приладобудування
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського»
Морозов А.В., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Сьогодні в світі та в Україні широко використовуються безпілотні літальні апарати (БПЛА), які дають змогу виконати найрізноманітніші завдання у різних середовищах. БПЛА захищений від перешкод, надає можливість успішного використання в екстремальних умовах і довів свою продуктивність.

БПЛА має свої особливості:

1. Він має каркас літального апарату повністю із композитних матеріалів з використанням новітніх технологій;
2. Модульна конструкція забезпечує можливість швидко змінювати будь-яке бортове обладнання, що надає можливість налаштувати систему до будь-яких вимог і виконання різних завдань;
3. БПЛА має низьку радіолокаційну помітність, завдяки чому БПЛА важко виявити та відстежити за допомогою радарів і зенітних комплексів (завдяки особливостям каркасу, виготовленого з композитних матеріалів, і відсутності великих металевих деталей);
4. До складу БПЛА входить 4-тактний двигун для забезпечення тривалості роботи понад 10 годин (використовується спеціальна модифікація електронної системи подачі пального, що забезпечує економію пального до 30%);
5. Оператор БПЛА може дистанційно запускати і перезапустити двигун навіть під час польоту за допомогою контролера;
6. Бортовий генератор 150 Вт, що входить до складу БПЛА, дає можливість перезаряджати основні батареї під час польоту і живить обладнання на борту;
7. Паливний бак на 12 л, що входить до складу БПЛА, має максимальний запас пального з метою підвищеної автономності;
8. БПЛА розроблявся для виконання військових операцій. Його навігаційна система та канали передавання даних мають функції захисту від перешкод та шифрування. БПЛА автоматично повертається до точки запуску у разі виникнення перешкод під час передавання сигналів керування;
9. БПЛА можна запускати з використанням надміцної пневматичної пускової катапульти;
10. БПЛА можна управляти з кількох авторизованих наземних станцій.
11. Отримані відеодані від БПЛА можна передавати на декілька наземних станцій керування або переглядати одночасно з декількома переносних терміналів у режимі реального часу.
12. БПЛА дає можливість різним підрозділам, отримавши одночасно розвіддані, злагоджено діяти при спецопераціях, навіть з літального апарату в режимі реального часу;
13. БПЛА може бути оснащений парашутною системою приземлення із подушкою безпеки (це дає змогу пом'якшити удар). Цю систему можна використати як основний метод приземлення або як аварійний варіант в повністю автоматичному режимі;
14. В стандартну комплектацію БПЛА входять навігаційні вогні;
15. До складу БПЛА, які використовуються в правоохоронних органах, входять системи передавання даних, активні антени для захисту від впливу перешкод, супутникова система передачі даних та ін.

Основні характеристики БПЛА наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні характеристики БПЛА

Найменування характеристик	Чисельні значення
Висота польоту	до 3000 м
Діапазон швидкості	70-140 км/год
Крейсерська швидкість	95 км/год
Швидкість звалювання	50 км/год
Максимальна злітна маса	40 кг
Маса корисного навантаження із заправленим баком	10 кг
Час польоту з 4-тактним двигуном	до 10 год
Час польоту з модифікацією	до 15 год
Час розгортання	15 хв
Навігація	GNSS; інерційно-навігаційний блок
Діапазон телеметрії радіозв'язку	95 км
Діапазон передачі відеоданих	90 км

**Безвесільна О.М., д.т.н., проф., професор каф. приладобудування
Котляр С.С., к.т.н., асистент каф. приладобудування**

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського»*

Морозов А.В., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

ДЕЯКІ ВАРІАНТИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) використовуються у багатьох напрямках, які дають змогу виконати найрізноманітніші завдання у різних середовищах. Основними є наступні: у берегових та морських операціях, для охорони кордонів, у військових застосуваннях.

Використання БПЛА у берегових і морських операціях. Модернізована гіростабілізована платформа зі спеціальними налаштуваннями для морських операцій надає можливість автоматично виявляти маленькі об'єкти (риболовецькі човни, гідроцикли та ін.).

У сучасних БПЛА використовують модуль для вертикального зльоту та посадки - VTOL, який виконує вертикальний зліт і посадку завдяки використанню чотирьох електродвигунів. Модулі VTOL забезпечують можливість керування БПЛА із судна для швидкого реагування на зміни поточної ситуації. Центр керування та контролю створює єдине середовище для всіх пристроїв БПЛА, щоб отримувати інформацію в режимі реального часу, записувати всі відеодані та реєструвати події. Система доставки вантажів дає змогу скинути рятувальний буй. Основні компоненти системи наступні: система доставки вантажів для перевезення та скидання рятувального буя; два дрони з модулем VTOL для швидкого реагування; дві гіростабілізовані платформи; система керування та контролю; сервер; віддалені відеотермінали для забезпечення підтримки наземних підрозділів.

Модифікація БПЛА, що використовується у берегових і морських операціях, має наступні переваги:

1. Забезпечує пошук зниклих людей;
2. Забезпечує швидку допомогу завдяки скиданню з дрона рятувального буя з функцією автоматичного наддування;
3. Забезпечує надання поточної інформації у режимі реального часу підрозділам на швидких катерах за допомогою віддаленого відеотерміналу;
4. Керує дроном з модулем VTOL з борту судна;
5. Є сучасною системою виявлення руху на воді.

Використання БПЛА для охорони кордонів. БПЛА забезпечує чітке зображення кордону завдяки цілодобовому повітряному спостереженню, дає змогу постійно наглядати за певними районами. Програмне забезпечення реєстрації руху виявляє і відстежує об'єкти в напівавтоматичному режимі, полегшує роботу оператора під час спостереження і зйомки, підвищує ефективність слідкування. Система керування та контролю надає можливість планувати роботу дрона, об'єднувати відеосигнали з різних джерел. Віддалений відеотермінал надає змогу отримувати інформацію від системи у декількох місцях.

Основні компоненти системи наступні: засоби для реєстрації руху; система та сервер керування та контролю; віддалені відеотермінали забезпечення підтримки наземних підрозділів; три дрона для роботи в цілодобовому режимі; три гіростабілізовані платформи.

Модифікація БПЛА, що використовується для охорони кордонів, має наступні переваги:

1. Повністю охоплюють свої кордони за допомогою стаціонарних камер;
2. Дає можливість отримувати миттєвий сигнал у разі виявлення руху;
3. Надсилає БПЛА для проведення розвідки в реальному режимі та дає можливість планувати операції з дронами;
4. Керує корисним навантаженням БПЛА та стаціонарними камерами в режимі реального часу за допомогою програмного забезпечення;
5. Записує та архівує всю інформацію;
6. Надає поточну інформацію в режимі реального часу пунктам спостереження;
7. Виявляє порушників за допомогою пристрою для відстеження;

Використання БПЛА у збройних силах. Комплекс БПЛА, оснащений сучасним корисним навантаженням, забезпечує політ до 10 годин в радіусі дії 500 км. Модифікація БПЛА, що використовується у збройних силах, має наступні переваги: апарат важко виявити; апарат має низьку радіолокаційну помітність; апарат має сучасне корисне навантаження; забезпечує інтеграцію із системою управління бойовими діями та артилерією; забезпечує управління дроном із декількох наземних станцій. Це дозволяє збільшити радіус дії та зменшити експлуатаційні витрати; забезпечує безпечне зашифроване з'єднання з пристроями забезпечення захисту від перешкод; передає відеодані у режимі реального часу з дрона декільком групам через віддалений відеотермінал.

Богдановський М.В., ст. викл. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Малоросіянов Ю.І., студ. 4 курсу, гр. АТ-25, ФКІТМР
Кияниченко М.О., студ. 4 курсу, гр. АТ-25, ФКІТМР
Державний університет «Житомирська політехніка»

РЕАЛІЗАЦІЯ СЕРВІСНОГО РОБОТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ШТУЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Забруднення поверхні резервуарів механічним брудом, пилом та іншими органічними продуктами, що не осідають на дно є поширеною проблемою технологічних споруд водних господарств. Використання класичних стаціонарних поверхневих насосів для очищення резервуарів на прикладі США, потребує 4.5 МВт електроенергії на рік, та породжує питання пошуку альтернативних технологій та джерел енергії.

Метою даної роботи є розробка автономного, робота для очищення поверхонь відкритих резервуарів. Робот в автоматичному режимі курсує по поверхні відкритого резервуару із забезпеченням сервісних функцій. Автономність також забезпечується використанням сонячних панелей для підзарядки акумуляторної батареї. Для оцінки рівня заряду та перемикання між режимами роботи та підзарядки використовується ШИМ контролер.

Умовою задачі передбачається, що бруд на поверхні води збирається роботом за жорсткою навігаційною програмою. При цьому реалізується основний прямолінійний рух від стінки до стінки резервуару та фільтрування крізь придонний, швидкоз'ємний контейнер робота у вигляді алюмінієвої сітки дрібної фракції бруду та піни. При реверсному русі, для запобігання випадання бруду з контейнера через хвилі та зворотній тік, який створюють від гребних коліс, в системі встановлено зворотній гравітаційний клапан, у вигляді рухомої заслінки. За смітєвим баком встановлено додатковий бак для знезаражуючих пігулок хлору або інших антисептиків та коагулюючі засоби. За умов поставленої задачі та режиму руху було обрано найбільш стійкий та плавучий тип профілю робота – катамаран. Дана форма забезпечує високу статичну стійкість до хвиль, меншу амплітуду качки, ефективний розподіл корисного навантаження та можливість закріплення фільтруючого боксу між елементами корпусу робота.

В якості головного виконавчого механізму руху використано кормові гребні колеса з двигуном постійного струму. Гребні колеса мають кращі характеристики для просування робота по в'язкому та щільному поверхневому бруду із властивостями самоочищення в реверсному режимі в порівнянні з гвинтом, а також дають можливість функціонувати на мілководді. До друге надводна реалізація приводної частини зменшує ризик потрапляння води в середину корпусу через розміщення осі гребного валу над ватерлінією та спрощує конструкцію, уникаючи громіздкої трубки дейдвуда для валу. Для розміщення гребних коліс створено спеціальні виїмки по бокам корпусу для зменшення турбулентних потоків та розсіювання бруду по периметру. В будові колеса замість одиночних лопаток застосовано подвійні зі щілинами між ними, через які вода після гребки зливається швидше, ніж з одиночних. Занурення відбувається без значного сплеску і без локального підвищення тиску, що мінімізує втрати на вхід. В рух робота приводять два двигуни постійного струму з вбудованим редуктором та вихідним крутним моментом 0.2 кг/см. Вихідна швидкість обертання валу становить 38-50 об/хв, в залежності від навантаження. Було встановлено, що гребного колеса діаметром 0.5 м рекомендована швидкість обертання становить 180-200 об/хв, що в нашому випадку, при діаметрі в 0.1 м швидкість становитиме 40 об/хв.

Навігація базується на використанні інфрачервоних (ІЧ) датчиків перешкод, що розташовані в передній ободовій частині робота, у вигляді параболи, в якій вмонтовано пасивні малі колеса, що дозволять при потраплянні робота в кутове місце водойми швидко повернути та не потрапити в глуху зону. На ній же розміщені 4 ІЧ датчики, два з яких будуть направлені вгору під кутом 45° для виявлення перешкоди над роботом, та два вперед. 4-х канальний драйвер оснащений налаштовуваними резисторами для зміни порогу спрацювання датчиків. Отримуючи сигнал від ІЧ датчиків, в залежності лівих чи правих, контролер Arduino формує аналоговий сигнал випадкової довжини (функція rand) на поворот в іншу сторону від перешкоди шляхом зупинки одного з двигунів, реалізуючи броунівський рух. Якщо ж перешкода не була усунута протягом 30 секунд, вмикається реверс з кінцевим поворотом у випадкову сторону для розвороту. Контролер Arduino проаналізувавши дані з датчика, передає управляючий сигнал на виконавчий механізм – гребне колесо. В якості програмного середовища розробки використано Arduino IDE, що базується на мові C++ та призначено для програмування плат Arduino.

В даній роботі було літературно та теоретично досліджено ефективність застосування робота та його рух по периметру відкритого резервуару при збиранні бруду та кількість повторно охоплених ділянок. Попри переваги експлуатації, ефективність та автономність системи при гребних колесах має малий показник ККД в межах 55%, за умови використання удосконаленої будови лопаток, що потребує додаткового джерела енергії або системи підзарядки.

Вольницький В.Ю., магістрант, гр. АТ-23м, І курс, ФКІТМР
Ткачук А.Г., к.т.н., доц., зав. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Богдановський М.В., ст. викл. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПЕРАТОРНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЇ РУХІВ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕЛЕМЕТРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Сьогодні стрімко зростає доля використання мобільної робототехніки у всіх галузях людського життя. З прискоренням науково-технічного прогресу збільшується попит на використання мобільних роботів у сфері медицини, виробництва та робіт у потенційно небезпечних для людини умовах. Для виконання однотипних робіт уже давно застосовуються повністю автоматичні роботизовані системи, де участь оператора є мінімальною або взагалі відсутня. У стохастичних середовищах, що є шкідливими або небезпечними для людини, застосовуються керовані роботизовані платформи з використанням телеметричних систем. У зв'язку з потребою оператора контролювати усі дії роботизованої платформи постає необхідність використання операторного інтерфейсу керування з використанням технологій віддаленої передачі зображення від платформи до пульта керування.

Для точної координації рухів робота використовуються монокулярні камери з високою роздільною здатністю. У зв'язку з великим розміром зображення таких камер та обмеженістю пропускної здатності бездротового каналу передачі даних виникає зворотно-пропорційна залежність від якості зображення до швидкості передачі зображення. Для компенсації даної залежності обирається компроміс між якістю картини та стабільним потоком їх передачі. Для високоточного позиціонування виконавчих механізмів роботизованої платформи з пульта оператора використовуються різні технології збільшення точності орієнтування оператора в середовищі, де знаходиться мобільний робот.

Одним з найефективніших підходів є використання стереоскопічних камер та технологій віртуальної реальності для досягнення ефекту повної присутності людини у середовищі знаходження робота. Найбільш стабільно для передачі відеосигналів та сигналів керування в режимі робот-оператор поводять себе захищені WiFi-мережі. За рахунок високої пропускної здатності та шифрування сигналів досягається висока стабільність та захищеність таких систем. Китайська компанія Espressif Systems займається випуском однойменних мікроконтролерів ESP8266 та ESP32, що вже встигли зарекомендувати себе як недорогі та дуже стабільні рішення для створення пристроїв IoT та інших промислових пристроїв. В асортименті компанії знаходиться двоядерний мікроконтролер з великою кількістю інтерфейсів передачі даних, як дротових, так і бездротових (рис.1).

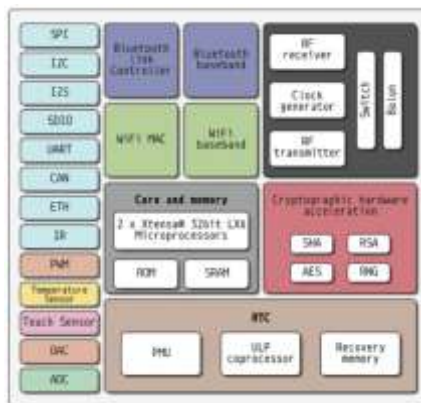


Рис. 1. Архітектура мікроконтролера ESP32

Однією з переваг є те, що використання даного типу контролерів дає можливість застосувати Web-технології, за рахунок яких можна досягнути можливості використати в якості пульта оператора будь-який пристрій, починаючи з мобільного телефону та закінчуючи комп'ютерами, що мають здатність передавати дані у WiFi мережах. У майбутніх розробках планується використати модифікації плати ESP32 з вбудованими камерами, роздільна здатність яких сягає 1600x900 точок. Використовуючи пару ESP32-Cam та технології розмітки Web-сторінок, а саме iframe планується створити уніфікований інтерфейс стереоскопічної передачі зображення, що дасть змогу використовувати будь-які шлеми віртуальної реальності.

Гасвой С.В., магістрант, гр. АТ-23м, І курс, ФКІТМР
Ткачук А.Г., к.т.н., доц., зав. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА МОБІЛЬНА ПЛАТФОРМА З ВИКОРИСТАННЯМ ОПЕРАТОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА СИСТЕМОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ВІДЕОМОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ

Використання роботизованих мобільних платформ для моніторингу стану навколишнього середовища в стохастичних умовах, або в умовах таких, що не дозволяють приймати участь людині безпосередньо, на сьогодні, користується великим попитом у багатьох сферах діяльності людини, від охорони здоров'я, транспортних систем до забезпечення безперервної роботи підприємств з використанням людських ресурсів. В умовах сьогоднішньої глобальної пандемії, наявність мобільних платформ з функціями моніторингу показників температури конкретних об'єктів відеопотоку, дозволяє оператору безпечно сканувати показники температури, безпосередньо не контактуючи з потенційними хворими, що є безумовним критерієм актуальності даної тематики.

За типовий приклад роботизованої платформи візьмемо гусеничну мобільну платформу на базі Arduino Nano V3 ATmega328 (рис.1).



Рис. 1. Гусенична мобільна платформа

На відповідній мобільній платформі встановлюємо модифікацію у вигляді тепловізора FLIR One, робота якого буде відбуватися за допомогою вмонтованого датчика зображень кожен піксель якого є мікроболометром. Високий рівень точності показників температури досягається за рахунок ізоляції інфрачервоної камери та низького рівня теплоємності поверхні кристалу, що зчитує світлову хвилю (рис.2). Підключена до платформи камера інтерфейсу USB 2.0 дозволяє отримати зображення на частоті 30 Гц з роздільністю 320 на 240 пікселів. За допомогою представлених формул отримуємо дані про температуру об'єктів, що спостерігаються, з масивів піксельних показників болометричної матриці визначаємо піки контрасту об'єктів, відносно чорного тіла:

$$W(T_{win}) = \frac{S_{1win} - T_{win} \{ \epsilon W(T_{BB}) + (1 - \epsilon) W(T_{Bkg}) \}}{(1 - T_{win})}, \quad (1)$$

де ϵ — коефіцієнт випромінювання чорного тіла;

S_{1win} — сигнал відбитий від чорного тіла;

T_{win} — значення характеристичного сигналу передачі;

$W(T_{BB})$ — очікуване значення сигналу від чорного тіла;

$W(T_{Bkg})$ — завади температур навколишнього середовища

$$T_{win} = B / \ln \left(\frac{R}{W(T_{win}) - O} + F \right) F, \quad (2)$$

де T_{win} — значення характеристичного сигналу передачі;
R, B, F та O — параметри ініціалізації параметрів інтерфейсу контролю камери.

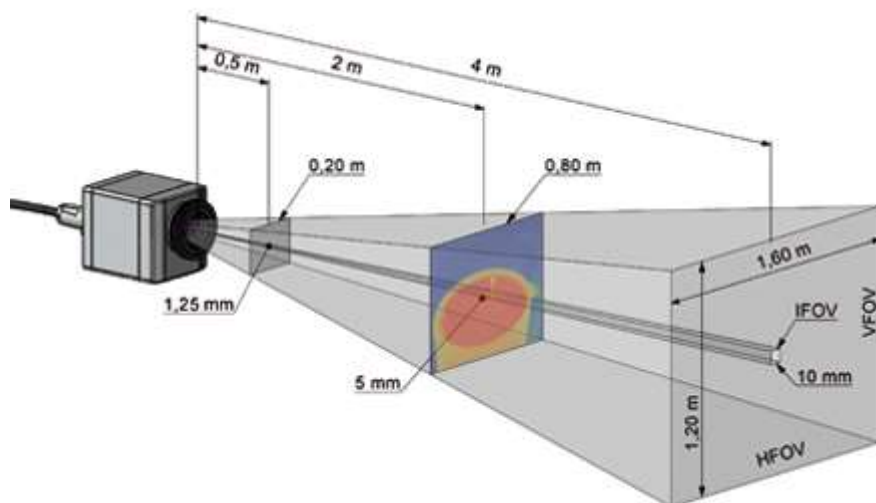


Рис. 2. Принцип роботи тепловізора

Передача зображення з температурними показниками на панель оператора реалізована за допомогою Wi-Fi модуля ESP8266 (рис.3) встановленого на роботизованій мобільній платформі, обмін пакетами даних відбувається по бездротовому інтерфейсу Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 ГГц.

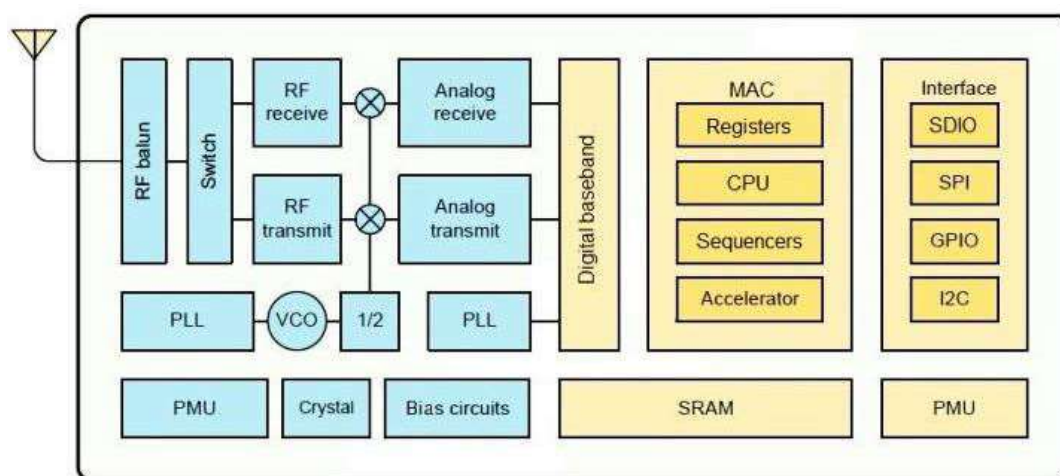


Рис. 3. Архітектура мікроконтролера ESP8266

В цілому застосування роботизованої платформи на базі Arduino у поєднанні з операторною системою керування дозволяє виконувати широкий спектр операцій та взаємодій з навколишнім середовищем та отримувати інформацію у режимі реального часу про його стан, використовуючи конкретний набір компонентів та датчиків, що підтримуються завдяки універсальності інтерфейсів даної установки. У конкретному випадку за рахунок застосування технологій безконтактного визначення показників температури, мобільна платформа забезпечує належний рівень безпеки для усіх учасників робочого процесу.

Георговський Д.Г., магістрант, І курс, гр. АТ-23м, ФКІТМР
Ткачук А.Г., к.т.н., доц., зав. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА МОБІЛЬНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДОЙМ

Територія України покрита мережею річкових долин, балок, ярів із численними водотоками: починаючи з маленьких струмків періодичної дії й до великих річок, таких, як Дніпро, Дністер, Тиса тощо. Проте останнім часом якість води в них постійно погіршується, багатьом із них загрожує повне зникнення. Часто йдеться вже не лише про непридатність малих річок як джерел питної води, а й про неможливість використання суспільством в цілому їхніх басейнів. А все тому, що всі вони зазнають значного (дуже часто катастрофічного) антропогенного забруднення шляхом скидання неочищених стічних вод, площинного змиву токсичних сполук з поверхні агроландшафтів, надмірного рекреаційного навантаження, засмічення тощо. Тож за таких темпів забруднення населення країни може опинитись в найближчі роки без джерел питної води.

Спираючись на той факт, що з кожним днем питаної води, та води, придатної існування в ній живих істот стає все менше, розглядається можливість створення та використання системи, що забезпечить здатність швидкого виконання попередньої перевірки води на показники якості та на вміст шкідливих речовин, а також для побудови геодезичної карти водойми, що досліджується. В такому випадку можна виконати оперативне дослідження та аналіз будь якої водойми, та швидко визначити придатність води для споживання, або розглядати можливість використання водойми для різноманітних цілей, спираючись достовірні дані щодо об'єму води, глибини та рельєфу дна, визначати рівень забрудненості та замученості водойми для проведення очисних заходів.

В нашому випадку головною ціллю розглядається реалізація проекту – автоматизованої системи, яка дасть можливість дистанційно проводити аналіз води в водоймі, а саме вимірювати кислотність води, її температуру, глибину водойми, в разі виявлення підвищення кислотності та при наявності забруднення води буде можливість взяти пробу води з певної ділянки водойми для проведення детального аналізу води в наземній лабораторії, також дана плаваюча платформа дозволяє в реальному часі знімати покази з датчиків та слідкувати за виконавчими механізмами, і при виявленні джерела забруднення буде можливість позначити точне місце за допомогою скидання маяка – позначки, яка буде скинута в місці з найвищою концентрацією забруднення для подальшого дослідження природи і обсягів забруднення, також при обладнанні мобільної платформи GPS модулем буде забезпечена функція побудови карти рельєфу дна та запис координат певних ділянок водойм з показниками, що відрізняються від загальноприйнятих.

На даний момент аналогів автоматизованої системи для виконання перерахованих завдань не існує, але при цьому існують «мобільні» лабораторії, які дають змогу проводити аналіз води в польових умовах, а також і в наземних лабораторіях, але при цьому немає можливості швидкого аналізу води – необхідно зібрати зразки, доставити їх до лабораторії, при цьому кожне місце збору води необхідно позначати певним чином, щоб було зрозуміло який зразок відповідає місцю на водоймі, що є не зручним і не дає можливість оперативно знайти джерело забруднення чи, наприклад, просто провести аналіз складу води.

Для побудови карти дна водного об'єкту самостійних приладів, які б сканували дно і побудували по скану карту немає. На сьогодні для такої цілі можна використати ехолот фірми «Lowrance», який поєднує в собі пристрій, що вимірює глибину водойми в певному місці, при цьому має функцію прив'язки точок до координат GPS. Ідея поєднати ці дані в єдиному файлі назрівала дуже і дуже давно.

Для автоматизованої системи, що призначена для проведення геодезичних досліджень розглядається функція побудови тривимірної моделі карти дна за допомогою обладнання автоматизованої системи міні комп'ютером Raspberry PI та модулем GPS, які при взаємодії між собою та бортовим обладнанням мобільної платформи, що вже встановлене, забезпечать збирання інформації та збереження її для подальшої роботи з тривимірними моделями, так званими «вейвлет перетвореннями» (рис. 1).

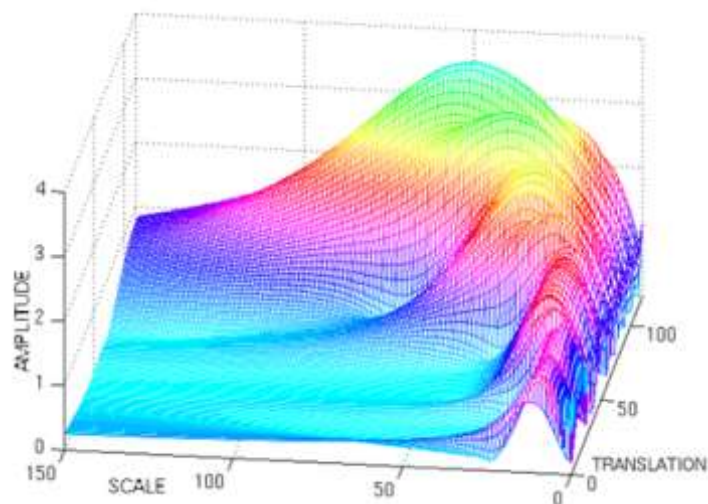


Рис. 1. Приклад побудови «вейвлет» діаграми

Для побудови карти рельєфу дна в першу чергу необхідно зібрати дані про глибину водойми, яка буде вимірюватись за допомогою ультразвукового датчика відстані JSN-SR04T – 2.0, аналіз дна водойми буде забезпечений використанням ультразвукового датчика, який виконує вимірювання відстані до перешкод і тим самим дозволить відобразити карту рельєфу дна за рахунок побудови графіку по отриманим з датчика даним, а також виміряти глибину в певному місці водойми та зробити попередній розрахунок об'єму води водойми. Для впровадження в проект функції побудови тривимірної моделі дна передбачається використання водозахищеного ультразвукового дальноміру JSN-SR04T, використання модуля Ublox NEO-M8N забезпечує роботу з GPS – координатами, адже даний GPS-приймач застосовується для отримання координат за допомогою системи глобального позиціонування (рис. 2).



Рис. 2. Макет розробленої автоматизованої мобільної платформи для проведення геодезичних досліджень водойм

Отже, реалізація розглянутого проекту забезпечує вирішення проблеми щодо визначення придатності води для вживання та використання водойм для господарських потреб, буде забезпечена можливість прогнозування швидкості замулення та забруднення водойм, аналіз зміни рівня води в водоймах та виконання оперативного інспектування водойми при різноманітних природних змінах та при появі непрямих ознак забруднення води.

Гриневич М.С., магістрантка, гр. АТ-23м, І курс, ФКІТМР
Коваль А.В., к.т.н., доц., доцент каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА МЕХАТРОННА СИСТЕМА РОБОТ-ГЕКСАПОД. НАВІГАЦІЯ РОБОТА В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Мобільні роботи на сьогоднішній день є досить популярними. Також спостерігаються швидкі темпи їх розвитку, вони стрімко розширюють сфери свого застосування завдяки особливостям своєї будови та габаритам і різноманітністю задач які вони можуть виконувати.

Оскільки мобільні роботи дуже часто застосовуються в умовах складної чи обмеженої прохідності, на території, де присутність людини неможлива, оскільки може бути завдана шкода її здоров'ю або існує загроза її життю, досить важливо забезпечити коректну та надійну роботу робота.

Для автоматизованої мехатронної системи робота-гексапода було попередньо розроблено два режими роботи – ручний та автоматичний. Оскільки при відсутності можливості безпосередньо спостерігати за роботом та знаходитись поряд з ним та здійснювати ручне керування, доцільним є працювати в автоматичному режимі. Тож на даному етапі розробки робота є важливим вдосконалити автоматичний режим роботи та забезпечити коректне та безперебійне функціонування даного режиму.

При роботі з різними мобільними платформами важливим є питання навігації та орієнтації робота в просторі. Важливим є забезпечити отримання всієї необхідної інформації про навколишнє середовище саме на стадії розробки та тестування, оскільки хибна або неповна інформація при подальшому руху робота може призвести до його пошкоджень, що в подальшому може призвести до збитків.

Для даної мехатронної системи доцільним є використання декількох ультразвукових датчиків відстані. Це дозволить отримувати додаткову інформацію про положення робота та про можливі перешкоди. Через особливості будови та переміщення робота датчики можливо розташувати на корпусі спереду та позаду, оскільки по бокам постійно виникатимуть перешкоди у вигляді лапок робота. Також необхідним є встановлення модуля GPS. Це полегшить управління роботом при неможливості безпосереднього спостереження за ним та дозволить в перспективі розширити кількість сфер застосування даного робота.

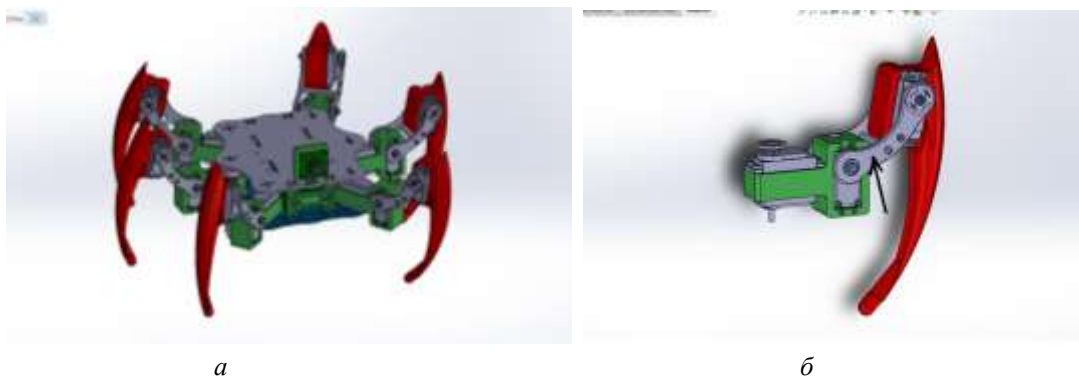


Рис. 1. Загальний вигляд робота-гексапода в програмному середовищі SolidWorks (а), загальний вигляд ноги робота-гексапода (б)

Ще однією з важливих задач є вдосконалення конструкції робота, а саме його лапок. Як видно на рис. 1, всі елементи управління а також акумулятор знаходяться в основній частині робота. Це суттєво додає ваги та збільшує навантаження на рухомі частини робота та на деякі серводвигуни, що з'єднують ці рухомі частини та забезпечують їх рух. Попередньо розроблена конструкція передбачала виготовлення «кігтів» гексапода (кінцеві частини лапок, що контактують із поверхнею при ходьбі) з пластику з додаванням металевого пилю, що збільшує його вагу при тому ж об'ємі. Основною ціллю цього рішення було забезпечити більшу стійкість робота та краще зчеплення з поверхнею по якій він переміщується. Але оскільки вага робота в цілому є достатньою для збереження стійкості та зчеплення з поверхнею, доцільним є використання звичайного PLA пластику для виготовлення цих деталей.

Також необхідним є вдосконалення однієї конкретної частини робота – проміжні з'єднання (як вказано на рис. 1, б) виявились досить ненадійними та потребують вдосконалення або абсолютної заміни, оскільки при переміщенні робота вони отримують найбільше навантаження.

Як напрямок подальших досліджень можливою є заміна всієї управляючої частини робота та детальне дослідження розподілення навантаження на різні ланки робота в програмному середовищі SolidWorks.

Дем'янюк В.С., магістрантка, І курс, гр. АТ-23м, ФКІТМР
Ткачук А.Г., к.т.н., доц., зав. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Богдановський М.В., ст. викл. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОЗИЦІЮВАННЯ ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

В сучасному виробництві напоїв при впровадженні роботизованих технологій для палетування та пакування продукції використовуються системи контролю робочого простору. Однією з таких технологій безконтактної оцінки просторового розташування об'єкту, що рухається по конвеєру, є комп'ютерний зір, що за використанням камери та методів обробки зображень допомагає системі управління промислового робота (ПР) вирішувати задачу позиціонування захватного пристрою для коректного захвату.

Метою даної роботи є впровадження алгоритмів комп'ютерного зору в роботизовану систему палетування та пакування пляшкової тари для транспортно-складських систем виробництва. Умовою задачі передбачається, що продукція рухається у коробках по конвеєрній стрічці, при її потраплянні у зону сканування виконується зупинка конвеєру. Продукція, що рухається по конвеєру, фіксується камерою, що вертикально встановлена над зоною сканування. Алгоритм роботи даної системи складається з наступних кроків: отримання зображення, попередня обробка зображення, вилучення контуру об'єкту, розпізнавання об'єкту та розрахунок координат для подальшого розташування захвату ПР.

Отримання зображень пляшкової тари виконується при різних умовах освітлення, що може спричинити шум і розмитість зображення. Для вирішення цієї проблеми було обрано методи попередньої обробки зображень, що покращать зображення та зроблять їх придатними для подальшої обробки. Методи попередньої обробки, що використовуються в цій роботі: сегментація, бінаризація, видалення фону та вилучення об'єкту, зміна розміру зображення, видалення шуму та небажаних артефактів, виявлених по формі об'єкта та згладження контурної кривої фільтром Гауса. Наступним етапом є розпізнавання контуру об'єкта. Для цього обрано підхід «плаваючого вікна», який дозволяє реалізувати ітеративну обробку зображення невеликими сегментами. Першим кроком є тренування аналізатора. Для навчання моделі запропоновано до використання дескриптори локальних бінарних шаблонів (ЛБШ) та класифікатор методу опорних векторів (МОВ). Набір даних має містити фрагменти зображень для навчання, перевірки та тестування. З метою зменшення кількості помилкових спрацьовувань під час виявлення об'єктів під час навчання виконується процедура визначення гарантовано негативних прикладів. Для цього виконуємо обчислення кількості хибно позитивних результатів (ХПР) на тестовому наборі зразків. Якщо встановлена кількість вища за попередньо визначений поріг, то у режимі «плаваючого» вікна застосовується поточна модель до набору зображень, що не містять шуканого об'єкту, які раніше не використовувались. Усі зображення, які були високо оцінені додані до набору негативних зразків. Дана послідовність дій повторюється доки ХПР не стане меншим за визначений поріг. Другим кроком є створення піраміди зображень – структури даних, що містить на кожному рівні ієрархії зменшену копію попереднього зображення, кожна з яких рекурсивно обчислюється на базі попередніх шарів за допомогою згладжування та зменшення частоти дискретизації початкових даних. Для кожного рівня піраміди та для кожного можливого вікна зображення на поточному рівні обчислений дескриптор ЛБШ, класифікований за допомогою перевірного класифікатора. Якщо класифікаційний бал перевищує наперед заданий поріг T , то має бути створено пару елементів (goi , бал) та додано її до списку кандидатів S . Елемент goi відповідає геометрії «плаваючого вікна» у вихідних координатах масштабу зображення. Останнім кроком є застосування процедури селекції з неповним виключенням до списку кандидатів S . Ця процедура додаткової обробки відповідальна за поєднання всіх виявлених частин одного об'єкту шляхом вибирання його фрагментів з високим балом та видалення сусідів з меншими балами, оскільки вони ймовірно охоплюють той самий об'єкт.

Оброблені зображення надають інформацію про орієнтацію коробки відносно конвеєрної стрічки під час зупинки транспортування. Отримані дані дають змогу розрахувати геометричний центр коробки, як об'єкту прямокутної форми, що знаходиться в точці перетину діагоналей. Для коректного захвату об'єкту виробництва центр захватного пристрою має співпасти з центром об'єкту. Таким чином виконується центрування захватного пристрою ПР шляхом обчислений необхідного зсуву по осі X та Y в горизонтальній площині відносно встановленого за замовчуванням центру захвату (ТСР). Виконані обчислення перетворюються в виконавчий код для ПР. Для підвищення точності запропонованого методу планується навчання аналізатора з використанням зображень об'єктів різної форми та орієнтації у просторі та з різним рівнем освітлення приміщення.

Кирилович В.А., д.т.н., доц., проф. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
 Білоцький О.Д., студ. IV курс, гр. АТ-25, ФКІТМР
 Державний університет «Житомирська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ PROMETHEE II

В сучасній науково-практичній діяльності багатьох виробничих та невиробничих галузей існує багато прикладних задач, які можна звести до задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив. Задача вибору роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) відноситься саме до такого класу задач. Її зміст зводиться до упорядкування початково неупорядкованої дискретної множини локальних критеріїв (ДМЛК) вибору $S = \{S_j | \forall j = \overline{1, m}\}$ в упорядковану множину $S_{\prec} = \{S_j | \forall j = \overline{1, m}\}$. Множина S при цьому характеризує будь-яку РМСТ за її проявами (складовими, компонентами, аспектами), а саме: $S_1 = Gm$ – геометричний; $S_2 = Kp$ – кінематичний; $S_3 = Dn$ – динамічний; $S_4 = Ct$ – управлінський; $S_5 = Ep$ – енергетичний; $S_6 = Tr$ – траєкторний; $S_7 = \tau(Q)$ – часовий (продуктивності); $S_8 = Rl$ – надійнісний; $S_9 = Ec$ – економічний; $S_{10} = Ac$ – точнісний; $S_{11} = Fc$ – силовий; $S_{12} = Fort$ – складові, що визначені прийнятними видами критеріїв (економічних, технічних тощо) при проектуванні (аналізі) РМСТ. Тобто в наведених вище виразах потужність ДМЛК $m=12$.

Особливістю розв'язування таких задач є те, що кінцеве рішення априорі невідоме. Змістом вибору є процес оптимізації, особливістю якого в свою чергу є саме процес упорядкування елементів ДМЛК.

В даній роботі аналізуються декілька методів подібного розв'язування таких задач, а саме: $M1$ (M_{PCSM}) – метод, що базується на відомому методі попарних порівняннях Сааті (PCSM); $M2$ (M_{WSM}) – рішення отримане методом найгіршого випадку (WSM); $M3$ (M_{QBSM}) – для розв'язування використано метод квазікращого випадку (QBSM).

Основою аналізованих методів $M1$, $M2$ та $M3$ є строге ранжування елементів ДМЛК, визначених методом експертного анкетування. Для коректності виконання цих та інших досліджень використана одна і та ж матриця експертного анкетування з незмінною кількістю експертів, незмінною кількістю елементів ДМЛК та незмінними оцінками експертів в анкеті ранжування.

Очевидним є те, що упорядковані множини локальних критеріїв, що отримані різними методами, містять різні послідовності локальних критеріїв в рішеннях. В зв'язку з цим і виникає задача визначення узгодженості рішень, отриманих різними методами в контексті змісту даної задачі. За показниками коефіцієнта узгодженості по Спірмену r між результатами рішень за парами методів $M1$ та $M2$, $M1$ та $M3$, а також $M2$ та $M3$ вказані методи є практично рівноцінними. В той же час показник узгодженості всіх трьох методів по Кендаллу є посереднім.

Для запобігання цієї невідповідності запропоновано використати методологію PROMETHEE II (від англ. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). Методологія базується на порівнянні між парами альтернатив, враховуючи відхилення, які альтернативи показують відповідно до кожного критерію. PROMETHEE II дозволяє отримувати повний рейтинг альтернатив на відміну від PROMETHEE I, що забезпечує часткове впорядкування альтернатив.

Особливість використання методології PROMETHEE II в даній роботі полягає в тому, що процес формування кінцевого рішення при розв'язування задач нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив, тобто вибору РМСТ, передбачає його реалізацію як на множинах рангів окремих дискретних критеріїв, отриманих за методами $M1$, $M2$, $M3$, так і на множинах нечітких оцінок, що формують вказані ранги.

В зв'язку з цим обов'язковою умовою для використання методу PROMETHEE II є сформована матриця упорядкованих послідовностей локальних критеріїв, що отримані вказаними методами. Ця матриця має розмірність $M_c[n \times m]$, де $n = 3$ – кількість використаних методів, в даному випадку $M1$, $M2$, $M3$; $m = 12$ – кількість елементів ДМЛК (див. вище).

Основною відмінністю використання цієї методології є використання процедури нормалізації елементів початкової матриці результатів строгого експертного опитування. Після виконання ряду змістовних процедур методології PROMETHEE II виконується принцип (ефект) нормалізації норм різними методами, а саме методами векторної нормалізації (VN), лінійної нормалізації Weitendorf (WLN), Juttler's-Rorth нормалізації (JKN) та нелінійної нормалізації (NLN). Використання такого підходу дає можливість визначати ступені ураженості (чутливості) аналізованих методів $M1$, $M2$ та $M3$ в залежності від обраних методів нормалізації норм. Усереднені значення величин нормалізації норм та інші отримані параметри нормалізації норм і вказують на переваги щодо використання аналізованих методів.

Кирилович В.А., д.т.н., доц., проф. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Слюсар Є.В., магістрант, гр. АТ-23м, І курс, ФКІТМР
Державний університет «Житомирська політехніка»

РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ ТИПУ «РУХОМА НАПІВПРИЗМА» ДЛЯ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ: МЕХАТРОННИЙ ПІДХІД

Відоме мехатронне переналагоджуване пристосування (МПП) типу рухома призма (РП) (в подальшому розглядається як базове), в якому забезпечується взаємне переміщення базувальних призм в осьовому та діаметральному напрямках щодо горизонтальної осі об'єктів маніпулювання (ОМ), що базуються в такому пристосуванні. ОМ є деталі та заготовки типу тіла обертання (вали, осі тощо). Особливістю роботизованих механоскладальних виробництв є забезпечення горизонтальної осі положення ОМ в пристосуванні при технологічній взаємодії затискних пристроїв ПР з ОМ.

Мета розробки – розширення функціональних можливостей базового МПП типу РП для збільшення інтервалу діаметральних параметрів ОМ, що базуються в пристосуванні, шляхом модернізації базового МПП РП. Результатом модернізації фактично є створення нового пристосування типу “рухома напівпризма” (РНП). Основна ідея, що закладена в процес модернізації базового МПП РП, полягає в розширенні функціональних можливостей базового МПП РП в частині збільшення діаметральних розмірів ОМ досягається за рахунок автоматизації процесу переналагодження шляхом використання керованих взаємно рухомих в горизонтальному напрямку напівпризм, тобто наявності рухомих напівпризм (РНП). Зміст процесу переналагодження МПП РНП для забезпечення базування різнорозмірних деталей типу “вал” полягає в керуванні автоматичною зміною відносного положення двох призм та їх складових – напівпризм. Особливістю мехатронного підходу при розробці в даному випадку пристосування типу РНП є його синергетичний характер, тобто складові частини системи не просто доповнюють одна одну, а об'єднуються таким чином, що утворена ними система починає володіти новими властивостями (принцип емерджентності). При проектуванні МПП РНП за допомогою використання модуля переміщень РНП з'являється можливість пристосуванню володіти новими властивостями, а саме: переміщувати “рухомі напівпризми” базових призм, що значно збільшує діаметральні розміри ОМ і вказує таким чином на досягнення мети. В той же час відомим є той факт, що ключовою методологічною ідеєю мехатронного підходу при проектуванні мехатронних модулів та їх складових є пріоритет проектного модуля, в даному випадку МПП РНП (складається функціональна модель F-модель) над її структурною організацією (формується S-модель) і конструктивним рішенням (розробляється C-модель). У мехатронному модулі задані функціональні перетворення (F-модель) можуть бути реалізовані декількома наборами структурних блоків (S-модель), а ці блоки, у свою чергу, можуть бути різного конструкторського виконання (C-модель).

При розробці МПП типу РНП послідовно виконувані основні три етапи проектування: функціональний; структурний та конструктивний аналіз і синтез як такого пристосування типу РНМ. Відповідно сформульовано взаємопов'язані функціональну (F-модель), структурну (S-модель) і конструктивну (C-модель) Мехатронний підхід в контексті сказаного можна формально представити як деяку функцію проектування Φ , що є сю'єктивним відображенням ($\rightarrow$) зв'язаних декартовим добутком ($\times$) F-, S- та C-моделей процесу проектування на характеристики та параметри проектного пристосування типу РНП P, тобто $\Phi: (F \times S \times C) \rightarrow P$. При цьому F-, S- та C-моделі пов'язані складними ітераційними зв'язками інформаційних, енергетичних та матеріальних потоків, що є прикладом синергетичної інтеграції відповідних складових.

Для даного випадку F-модель є результатом визначення функцій проектного МПП РНП і змістовно визначена поставленою в роботі метою.

S-модель відображає склад компонентів МПП РНП та зв'язки між ними, а саме: наявність нових порівняно з базовим пристосуванням конструктивних елементів у вигляді РНП, модулів горизонтальних переміщень лівої та правої РНП, сенсорів (датчиків) положення РНП, крокових двигуни переміщень РНП в комплекті з драйверами їх переміщень, модуля автоматизованого переналагодження РНП, що включає головний контролер та персональний комп'ютер, з обов'язковою мінімізацією кількості проміжних інтерфейсів. Можливими видами представлення S-моделі може бути структурно-функціональна схема МПП РНП, SADT-інтерпретація процесу функціонування МПП РНП тощо.

C-модель є результатом структурно-конструктивного аналізу розроблюваного МПП РНП. Її змістом є так зване конструктивне оформлення окремих компонентів в єдину систему, що функціонує згідно програмі планування рухів. В даному випадку це функціонально пов'язаний процес триконтурного налагодження та переналагодження рухомих компонентів МПП РНП, а саме: горизонтальних та вертикальних переміщень РП та горизонтальних переміщень РНП. Це і є фактично проявами (характеристиками та параметрами) розробленого МПП РНП, тобто P.

Кравчук А.Р., аспірант, ФКІТМР
Кирилович В.А., д.т.н., доц.,
проф. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АЛГОРИТМ АТЕСТАЦІЇ МЕТРИКИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Характерною рисою автоматизації багатьох галузей сучасного виробництва є використання промислових роботів (ПР). За даними міжнародної федерації робототехніки IFR щорічний випуск та впровадження ПР в автоматизоване виробництво за останні 10 років зростає в середньому на 14-16 %. Одним із напрямків підвищення ефективності використання ПР при технологічній підготовці (ТПг) роботизованих механоскладальних виробництв (РМСВ) для різних технологічних структур, наприклад, гнучких виробничих комірок (ГВК), є *атестація метрики* ПР.

Сутність процесу атестації метрики ПР зводиться до визначення певних кількісних та якісних параметрів геометричних характеристик робочих зон ПР, в яких забезпечується певний аналізований параметр ПР, наприклад, орієнтація затискного пристрою (ЗП). Процес атестації метрики ПР передбачає багаторазове розв'язування зворотної задачі кінематики на множині конструктивно-кінематичних характеристик та параметрів ланок маніпуляційної системи (МС) (це стисло є змістом поняття “метрика”) ПР із збереженням певної орієнтації ЗП у системі координат (СК) ПР. Результатом атестації метрики ПР є якісні та кількісні параметри геометричних характеристик робочих зон ПР, де ЗП зберігає задану (досліджувану) користувачем орієнтацію в аналізованих точках робочих зон (РЗ) ПР, та візуалізоване представлення цих параметрів у вигляді частини об'ємної РЗ аналізованого ПР.

Основою розробленого алгоритму (рис. 1) є попередньо розроблене методичне забезпечення процесу атестації метрики ПР. Вище вказане практично реалізовано на базі комплексного використання програмних продуктів (ПП) SolidWorks та RoboDK. Сутність алгоритму, що реалізує вказану методику, зводиться до наступної послідовності дій: структуризація та параметризація (*I етап*), імплементація (*II етап*), дослідження (*III етап*), обробка даних та їх візуалізація (*IV етап*). Їх зміст розкривається нижче.

Початок алгоритму (*I етап*) забезпечує виконання підготовчих операцій, а саме формування 3D-моделей компонентів (ланок) досліджуваного ПР в ПП SolidWorks (блок 2). Змістом блоку 3 є конвертація 3D-компонентів моделей складових ПР в формат *stl*, що є необхідним для подальшої роботи з ними (компонентами) в ПП RoboDK.

На другому етапі (*II етап*) (див. блоки 4–11 на рис. 1) здійснюється налаштування ПР як єдиної механічної системи із попередньо завантажених 3D-компонентів ПР у RoboDK. При цьому створюється новий об'єкт у ПП RoboDK (блок 4), тобто створюється робочий простір (РП) для механізмів, в даному випадку для ПР. В блоці 5 3D-моделі компонентів ПР завантажуються у створений РП. Виконання комплексу дій для параметризації та налаштування попередньо завантажених елементів реалізується в наступних блоках: блок 6 - вибір СК ПР та кількості ступенів рухомості, тобто параметра *DoF* (*degrees of freedom*); блок 7 - з'єднання та спряження 3D-моделей компонентів ПР; блок 8 - забезпечення якісних та кількісних параметрів відносної рухомості ланок МС; блок 9 - розрахунки щодо убезпечення різного роду колізій. Кінцевими кроками *II етапу* є остаточне завантаження параметрів моделі ПР (блок 10) та їх комплексна перевірка щодо відповідності технічним характеристикам аналізованого робота (блок 11).

На третьому етапі (*III етап*) виконується процес атестації метрики МС аналізованого ПР. Для його забезпечення використовується панель керування як головний інструмент управління моделлю ПР у РП ПП RoboDK (блок 12). Даний інструмент дозволяє виконати покрокове визначення крайніх граничних точок у робочій зоні ПР, при яких забезпечується збереження заданої орієнтації ЗП відносно площини $X_{IR}OY_{IR}$ прийнятої СК ПР. Для проведення атестації метрики в блоці 13 користувачем визначається кутова та лінійна дискретність переміщення ЗП, яка визначається відповідно кутовим та лінійним кроками дискретизації переміщення ЗП у РЗ ПР із збереженням його (ЗП) заданого положення та орієнтації. В блоці 14 обирається фіксоване положення для ЗП досліджуваного ПР. Кінцевими кроками даного етапу є виконання процесу атестації метрики ПР (блок 15), що реалізується дискретно-покровим переміщенням ЗП ПР по крайніх (віддаленій та наближеній) траєкторіях щодо площини $X_{IR}OZ_{IR}$ в СК ПР. При цьому теоретико-методичною основою реалізації процесу атестації метрики ПР як такої є багаторазове розв'язування зворотної задачі кінематики із врахуванням геометричних параметрів 3D-моделі компонентів метрики ПР, тобто ланок та їх послідовності в МС, виду та величин їх взаємних переміщень та ЗП ПР.

Завершальний *IV етап* забезпечує фіксацію, обробку та візуалізацію отриманої інформації (блоки 18 та 19). Фіксація та обробка інформації виконується в напівавтоматичному режимі. Візуалізація забезпечується CAD програмами, в даному випадку SolidWorks, та представлена у вигляді об'ємної 3D-зони, в якій забезпечується збереження орієнтації ЗП за результатами атестації. Завершальним кроком *IV етапу* є кінцева перевірка відповідності кількості та якості досліджених параметрів щодо паспортних даних ПР та

методики атестації метрики ПР. Кінцевим кроком (блок 21) є узагальнення та розробка рекомендацій щодо практичного використання отриманих результатів при ТПГ РМСВ.

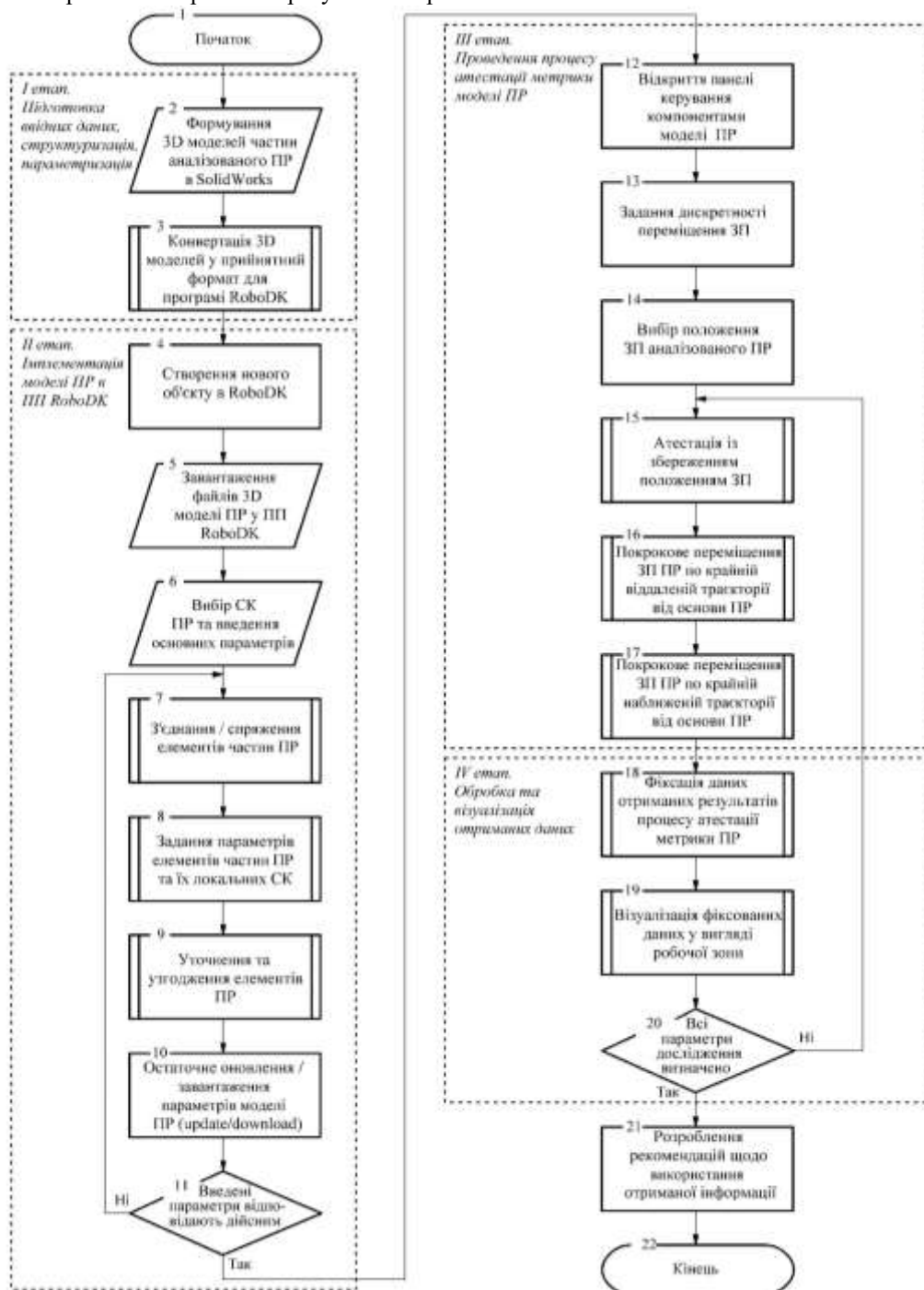


Рис. 1. Розроблена блок-схема алгоритму атестації метрики ПР

Працездатність розробленого алгоритму продемонстровано проведеною тестовою атестацією метрики робота моделі Tinker Kit Braccio. Отримані результати використовуються в навчальному процесі кафедри А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самокіна, ДУ “ЖІП” при виконанні лабораторного практикуму з навчальної дисципліни “Мехатроніка та робототехніка”.

Загалом отримані науково-практичні результати атестації метрики ПР дають можливість проєктантам роботизованих механоскладальних технологій на етапі ТПГ РМСВ підвищити продуктивність випуску продукції в ГВК за рахунок розміщення відповідних одиниць технологічного обладнання в тих частинах РЗ ПР, що відповідають результатам попередньо проведеної атестації ПР при проєктуванні нових ГВК, або при переплануванні робочих позицій в існуючих ГВК.

Кузьменко К.В., магістр, гр. АТ-22м, 2 курс, ФКІТМР
Ткачук А.Г., к.т.н., доц., зав. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Богдановський М.В., ст. викл. каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

МАЛА ОМНІКОЛІСНА ПЛАТФОРМА З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

У всьому світі та на території України в тому числі, використовуються автокари для перевезення вантажів в складських приміщеннях. За часту складські приміщення використовуються з максимальною вигодою, тому проміжки між стелажми є мінімальними, тому конструкція та розміри автокарів мають бути компактними, але забезпечувати максимальну маневреність.

Сучасні автокари мають класичну будову з поворотним механізмом направляючих коліс, що знаходяться на задній осі. Така конструкція забезпечує малий радіус розвороту, але для максимальної маневреності потрібно переміщатися в ліво та право без розвороту самої платформи, така задача не підсилена класичній чотирьох колісній базі з однією поворотною віссю. Для розв'язання цієї задачі потрібно використати інший підхід до конструкції колеса та автокара в цілому, а саме використати колеса Ілона. Автокари сьогодні використовують електричну тягу, так як використовуються в закритих приміщеннях, та мають повний привід, тому задача з використанням колеса Ілона є перспективною.

Колесо Ілона або шведське колесо — колесо з рівномірно розподіленими по ободу роликами, через які відбувається взаємодія колеса із поверхнею переміщення. Таке колесо дає змогу транспортному засобу шляхом незалежного приведення у рух своїх коліс забезпечити контрольоване переміщення у будь-якому напрямку. Загальний вигляд розробленої омніколісної платформи зображено на рис. 1.

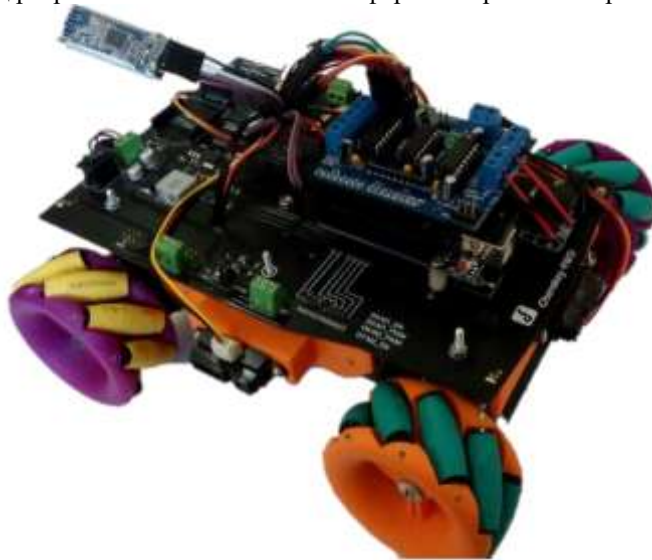


Рис. 1. Загальний вигляд омніколісної платформи

Багато напрямлені колеса вже багато років використовуються в робототехніці, в промисловості та в логістиці. Основним джерелом омніколів є компанії які виробляють їх для все направлених конвеєрних систем. Все напрямлені колеса популярні для роботів. Все направлений робот може рухатись по прямій від точки А до точки В, обертаючись уздовж лінії для того, щоб прибути з правильною орієнтацією. Тому дані платформи добре себе зарекомендували себе в виробництві, як рухома основа для маніпуляторів та для орієнтації заготовок для їхньої подальшої обробки. Для удосконалення конструкції та для розширення можливостей, платформа може бути обладнана GPS навігатором та гіроскопом. Такі датчики збільшать точність переміщення та дозволять задавати маршрут руху дистанційно.

Також дана платформа потребує системи яка здатна контролювала оточуючу ситуацію. Така система повинна контролювати наближення платформи до перешкоди або людини та перешкоджати зіткненню. Такі удосконалення дозволять використовувати омніколісні платформи в будь-якому виробництві та збільшити продуктивність переміщення вантажів та виробництва загалом.

Хитрич М.С., бакалавр, гр. АТ-24, IV курс, ФКІТМР
Коваль А.В., к.т.н., доц., доцент каф. А та КІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОСАДКИ ТА ПОСАДКА БПЛА

БПЛА різняться за ступенями автономності від керованих дистанційно до повністю автономних, а також відрізняються за конструкцією, призначенням та іншими параметрами. Управління БПЛА може здійснюватися за рахунок періодичної подачі команд або безперервно – в останньому випадку БПЛА називають дистанційно-пілотованими літальним апаратом (ДПЛА). Основною перевагою БПЛА / ДПЛА є істотно менша вартість їх створення та експлуатації (за умови однакової ефективності виконання поставлених завдань). Наприклад, за експертними оцінками бойові БПЛА верхнього діапазону складності коштують приблизно 6 млн дол. США, в той час як вартість аналогічного пілотованого винищувача становить близько 100 млн дол. США.

Однією з існуючих задач БПЛА є автоматичне визначення місця посадки. На сьогоднішній день, практично усі посадки здійснюються в ручному режимі, що спричиняє, приблизно 12 – 15% аварій. Тому було розглянуте завдання автоматичного визначення місця посадки та посадки БПЛА.

Для цього було використано бортові одноплатні комп'ютери Raspberry Pi з використанням монокулярного машинного зору, фреймворк OpenCV (рис. 1) та алгоритм визначення ознак за допомогою комп'ютерного зору AKAZE.

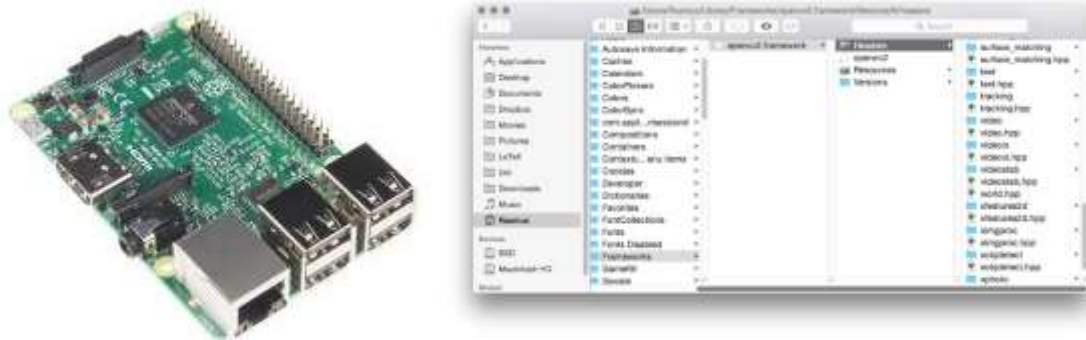


Рис. 1. Одноплатні комп'ютери Raspberry Pi та фреймворк OpenCV

Даний метод обчислює коефіцієнт, що залежить від зміни яскравості зображення при масштабуванні. Фільтр дозволяє враховувати орієнтацію особливих точок. За допомогою такого підходу алгоритм шукає такі точки в октаві, значення фільтра якого вище заданого порогу і являється найбільшим із околиці точки 3×3 пікселів. Далі, для кожної точки з потенційних максимумів порівнюється її значення щодо результатів в сусідніх октавах $i+1$ і $i-1$ в вікні розміром $\sigma_i \times \sigma_i$ відповідно. В результаті розташування особливої точки оцінюється з субпіксельною точністю відповідаючи квадратичній функції до визначення гаусових коефіцієнтів ваги в 3×3 сусідніх пікселів для пошуку максимуму. Тести проводяться не між всіма середніми значеннями всіх пікселів в області, а між заданою їх кількістю в залежності від розміру σ_i . Це дозволяє прискорити обчислення дескриптора.

За допомогою вищеописаних методів, був отриманий набір дескрипторів по кожному зображенню з колекції, далі було зіставлено для пошуку схожих особливих точок.

Також було вибрано дистрибутив Ubuntu 18.04. Даний дистрибутив підтримує Robotics Operation System (ROS) Melodic. За допомогою ROS стало набагато простіше працювати з машинним зором. Цей фреймворк містить у собі проекти, якими можна доповнити власну розробку. Так за допомогою ROS було відкалібровано камеру за допомогою пакету camera_calibration для отримання координат переміщення.

Після визначення місця посадки потрібно відповідно скоординувати траєкторію посадки БПЛА. Для того, щоб отримати чіткі координати до цілі та побудувати шлях переміщення було використано Monocular SLAM, пакет orb_slam2_ros. Це дозволяє обчислювати траєкторію переміщення камери по трьох осях у режимі реального часу.

Подальша робота буде спрямована на отримання управління та розроблення чіткого алгоритму посадки БПЛА.