https://nure.ua/

The Ministry of Education and Science of Ukraine

Kharkiv National University of Radio Electronics

KITAM

2022

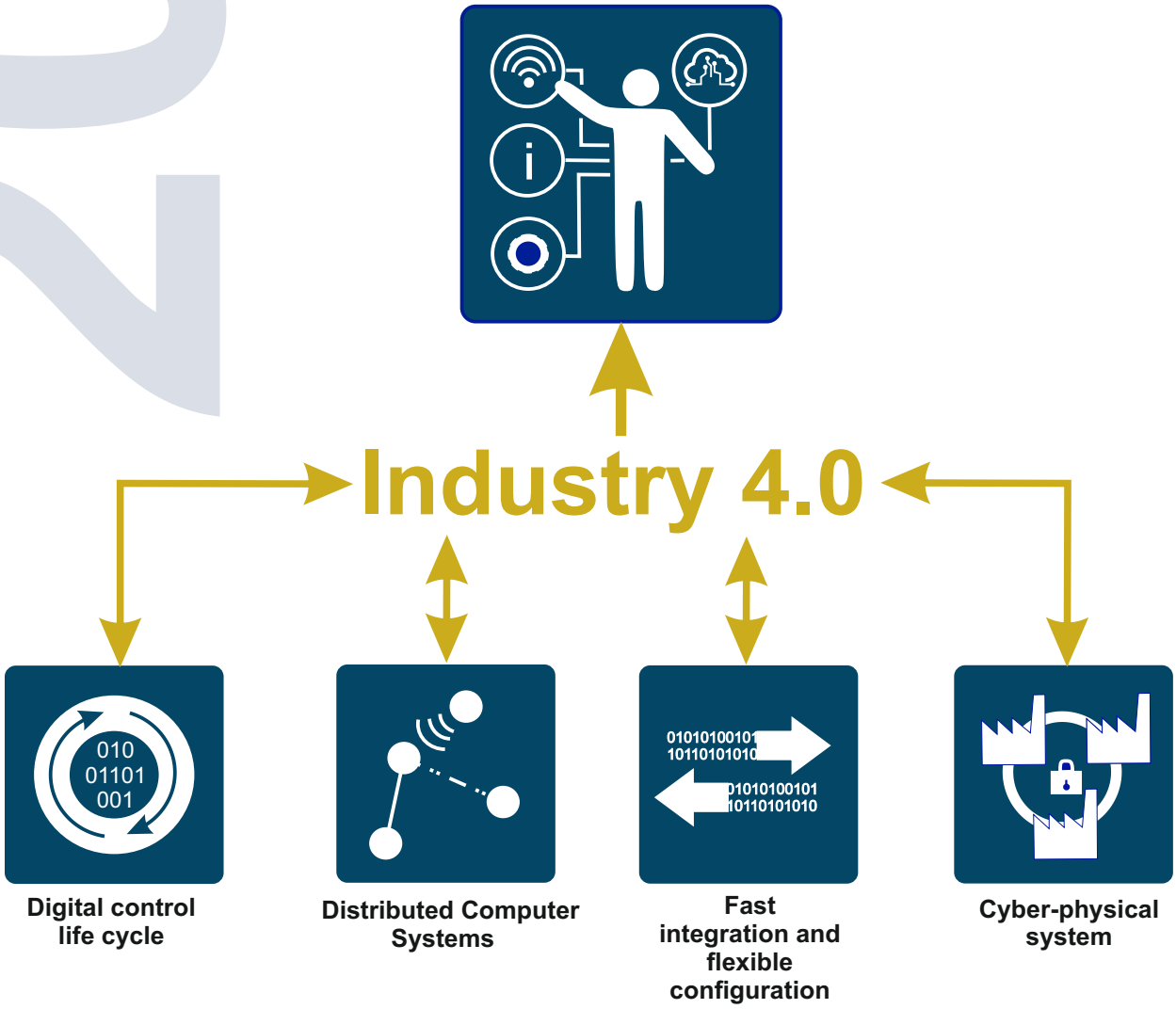
COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2022

(Part 2)



https://nure.ua/

кафедра
Комп'ютерно-інтегрованих
технологій, автоматизації та мехатроніки

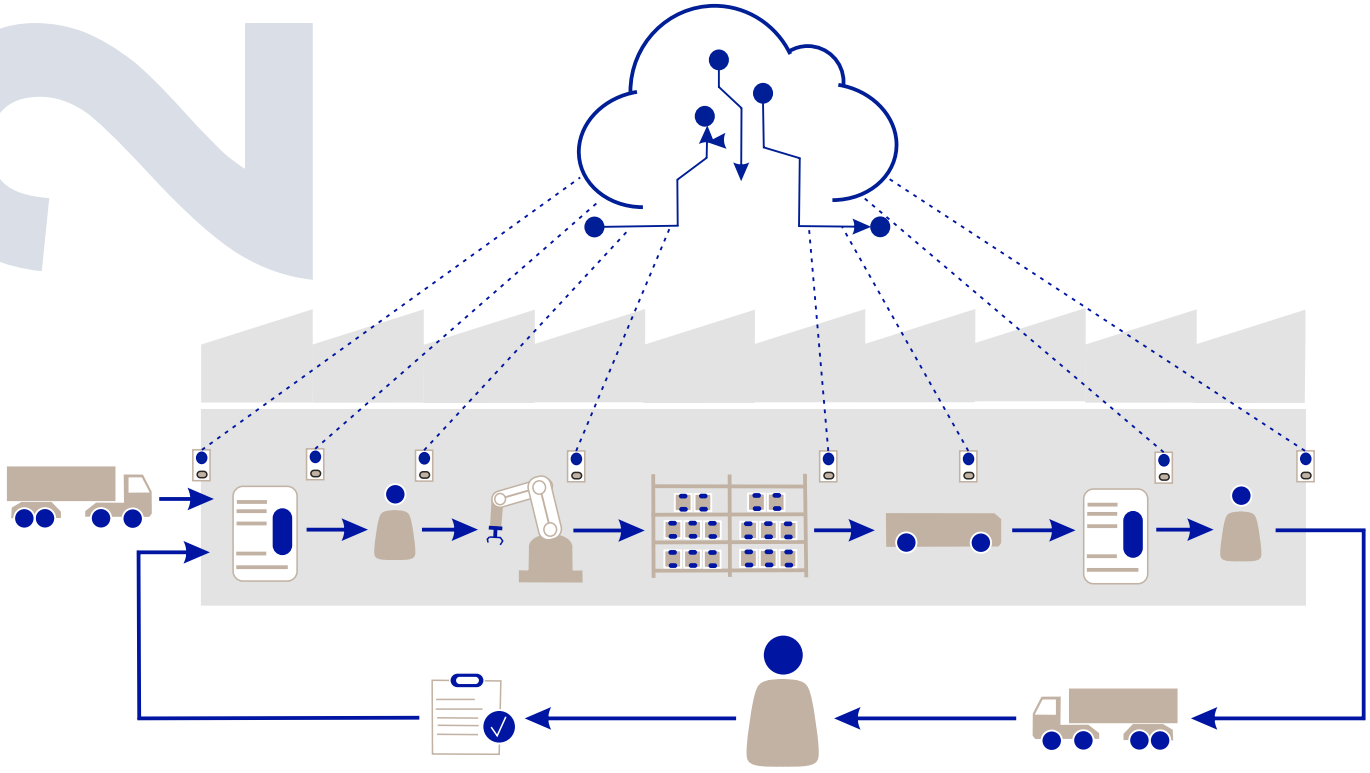
2022

ХНУРЕ

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2022
(Випуск 2)
[електронне видання]



Industry 4.0

Головний редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно- конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович,** доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 621.865

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ НАЗЕМНИХ ПОШУКОВИХ РОБОТІВ

І. А. Поддубняк
Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: illia.poddubniak@nure.ua

Анотація: У даній статті було розглянуто та проаналізовано конструкції тринадцяти варіантів мобільних робототехнічних платформ. В результаті визначено характеристики, переваги та недоліки, що описують галузі використання кожного типу у наземних пошукових операціях. Аналіз формує уявлення про застосування різних платформ відповідно до умов їх експлуатації у пошукових операціях, що необхідно для подальших досліджень у цій галузі.

Ключові слова: робототехніка, біоробототехніка, переміщення, робот, пошук.

ANALYSIS OF MODERN MOBILE PLATFORMS OF GROUND SEARCH ROBOTS

I. Poddubniak
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
E-mail: illia.poddubniak@nure.ua

Annotation: This article discusses and analyzes the designs of thirteen variants of mobile robotics platforms. As a result, the characteristics, advantages and disadvantages describing the fields of use of each type in ground search operations are determined. The analysis forms an idea about the application of different platforms according to the conditions of their use in search operations, which is necessary for further research in this field.

Key words: robotics, biorobotics, movement, robot, search.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Актуальність аналізу відмінностей у конструкції мобільних платформ, що можуть бути використані як рушії систем для наземних пошукових робіт, полягає в тому, що у сучасності необхідність виконання наземних пошукових робіт може виникати для зовсім різних цілей та умов кількох категорій, у тому числі пошук загублених, пошук поранених, пошук людей під штучними чи природними завалами, пошук у місцевості міського типу, пошук у природних середовищах тощо. Це також відображено у сучасних стандартах та потреб щодо роботів для пошукових та рятувальних завдань. [1]

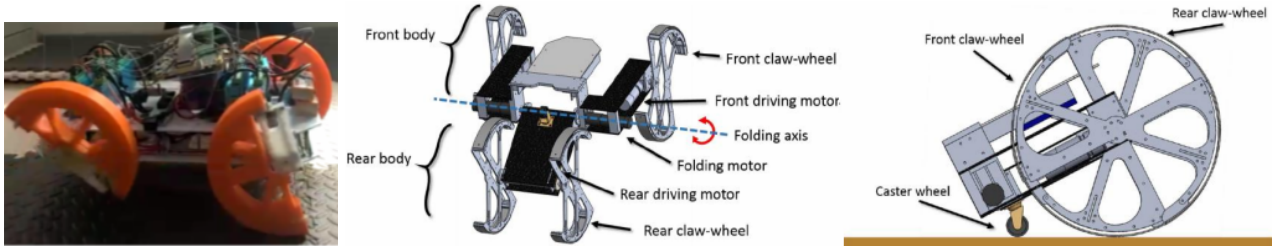
МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В якості платформ для пересування роботів, що виконують пошукові роботи на землі, проведемо аналіз тих, що відносяться до таких основних типів:

- колісні платформи;
- платформи на гусеничних (танкових) стрічках;
- платформи, що імітують рух тварин з кінцівками;
- змієподібні платформи;
- платформи з комбінованим типом пересування.

Розглянемо колісні платформи.

Wheel-Legged Rescue Robot (рис. 1,а) від Цзяннанського університету – типова малогабаритна чотириколісна платформа з нетиповою конструкцією коліс, що можуть складатися. [2]

Claw-Wheel III (рис. 1,б) від дослідників з Національного університету Тайваню – двоколісна платформа з типом коліс, що розгортаються на два «кігтеві» колеса кожне. [3]



а) б)

Рисунок 1 – Колісні платформи
а) Робот Wheel-Legged Rescue Robot; б) робот Claw-Wheel III

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги розглянутих колісних платформ: високі звичайна швидкість на плоских поверхнях та під час здолання перешкод, не споживають забагато енергії та мають невеличкі габарити та вагу, що підходить для умов завалів та більшості штучних та натуральних тунелів.

До спільних недоліків розглянутих колісних платформ можна віднести: відсутність здатності пересування вбік та практично відсутня нормальна протидія перегортанню догори дригом.

Переваги Wheel-Legged Rescue Robot: здатність долати невеликі вертикальні перешкоди.

Недоліки Wheel-Legged Rescue Robot: обмежена здатність здолання високих вертикальних перешкод та довгих прірв, ускладнена внутрішня конструкція коліс.

Переваги Claw-Wheel III: гарна здатність долати вертикальні перешкоди завдяки двоконтактному режиму трансформації коліс.

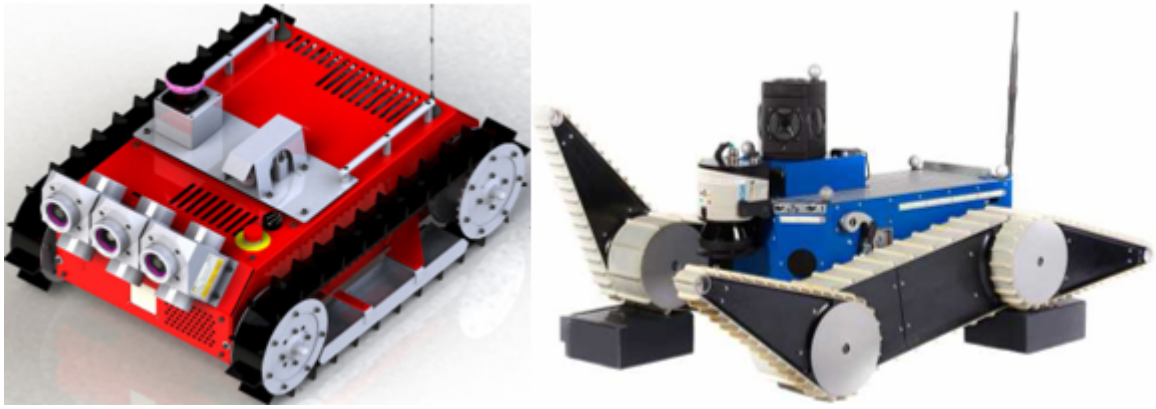
Недоліки Claw-Wheel III: конструкція може застрягти у смітті під час трансформації-згортання.

Розглянемо платформи на гусеничних (танкових) стрічках.

Танкові платформи для роботів, що не є гібридними та використовуються в умовах нестабільної та потенційно небезпечної місцевості, зазвичай, мають конструкції більш прості та стабільні, ніж в танкових платформах для роботів, що використовуються для більш вузьких та специфічних задач. [4]

Ex-Robot від ExRobotics – приклад типової танкової платформи на гусеничних стрічках (рис 2, а). [5]

TRADR від дослідників з Федеральної вищої технічної школи Цюриха – платформа (рис 2, б), що поєднує у конструкції 3 пари гусеничних стрічок на суглобах. [6]



а) б)

Рисунок 2 – Платформи на гусеничних (танкових) стрічках
а) Робот Ex-Robot; б) робот TRADR

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги розглянутих танкових платформ: доволі висока швидкість, гарна здатність долати нескладні ґрунтові типи перешкод без значної втрати швидкості, можливість встановлювання немалої кількості зовнішніх та внутрішніх компонентів за рахунок гарної вантажопідйомності.

До спільних недоліків розглянутих танкових платформ можна віднести: нездатність переміщення вбік, відносно велика вага.

Переваги Ex-Robot: не споживає забагато енергії та має просту конструкцію.

Недоліки Ex-Robot: нема протидії перегортанню догори дриґом та обмежена здатність здолання високих вертикальних перешкод та довгих прірв.

Переваги TRADR: за рахунок можливості повороту кожного з шести носіїв стрічок має протидію перегортанню догори дриґом та поліпшені здатності долати вертикальні перешкоди.

Недоліки TRADR: збільшена складність конструкції та має відносно великі габарити.

Розглянемо платформи з кінцівками.

ARAT 4.1 від AKINROBOTICS – платформа (рис. 3, а), що має конструкцію по типу швидких ссавців, що пересуваються на чотирьох лапах. [7]

RoboSimian від NASA – робот приматоподібної платформи (рис. 3, б), що може пересуватись як на чотирьох, так і на двох кінцівках. [8]

Snake monster від Університету Карнегі-Меллон – павукоподібна шостиніжна платформа (рис. 3, в), де кінцівки складаються з модулярних елементів та є приєднаними модулярними з’єднаннями. [9]

а) б) в)

а) Робот ARAT 4.1; б) робот RoboSimian; в) робот Snake monster

Рисунок 3 – Платформи з кінцівками

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги розглянутих платформ з кінцівками: здатність переміщення вбік, у випадку перегортання догори дриґом є здатність повернення до нормальної позиції, гарна вантажопідйомність та корпуси мають достатньо місця для додаткових зовнішніх та внутрішніх компонентів, функціонально є можливість стрибати, можливість гарно долати перешкоди різних типів, у тому числі сходи.

До спільних недоліків розглянутих платформ з кінцівками можна віднести: відносно більші складність конструкції та обслуговування та менші швидкість та енергоефективність на відносно плоских поверхнях у порівнянні з колесами чи танковим шасі.

Переваги ARAT 4.1: копито-подібні вузькі «лапи» без додаткових пальців, як підтверджують досліди в галузі біомеханіки, є оптимальними для витримування навантажень та для швидких мобільних об’єктів з чотирьома пропорційно-довгими кінцівками є аеродинамічними, енерго-економними та підходять для більшості типів місцевостей за рахунок меншої стабільності (яку надають додаткові «пальці»), яка все одно забезпечується наявністю кількох точок опори. [10]

Недоліки ARAT 4.1: габарити великі вертикально (при режимі максимальної швидкості) та в довжину, що не підходить для умов завалів та тісних поворотів тунелів.

Переваги RoboSimian: може взаємодіяти з дверями та іншими об’єктами призначеними для рук людей (що може бути необхідним для пошуків у будівлях) та може залазити на вертикальні поверхні по типу міцних труб та драбин.

Недоліки RoboSimian: великі вага та габарити.

Переваги Snake monster: модулярні з’єднання між кожним суглобом дозволяють встановлювати дві чи три пари ніг різної довжини для різних задач.

Недоліки Snake monster: модулярність кожного елементу кінцівок ускладнює конструкцію та знижує надійність стабільної роботи у небезпечних умовах.

Розглянемо змієподібні платформи.

Wheeko від ROBOTNOR – змієподібна платформа (рис. 4, а) з пасивними колесами. [11]

Unified Snake від Університету Карнегі-Меллон – змієподібна платформа (рис 4, б), що складається з модулярних електронних компонентів, що можуть бути приєднані чи роз’єднані користувачем для зміни довжини робота. [12]

а) б)

а) Робот Wheeko; б) робот Unified Snake

Рисунок 4 – Змієподібні платформи

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги розглянутих змієподібних платформ: плавний розподіл дії ваги конструкції на поверхні, габарити підходять для тунелів, гарно долають перешкоди різних типів (у тому числі вертикальні) та відсутність ризику перегортання догори дриґом.

До спільних недоліків розглянутих змієподібних платформ можна віднести: складність конструкції та зовнішні компоненти можуть бути встановлені тільки на кінцях роботів, а встановлення додаткових внутрішніх компонентів обмежено малими габаритами ланцюжків.

Переваги Wheeko: висока швидкість відносно інших типових змієподібних платформ та здатність руху вбік за рахунок перекатів.

Недоліки Wheeko: робот може випадково зісковзнути під час здолання вертикальних перешкод.

Переваги Unified Snake: може залазити на вузькі вертикальні об’єкти по типу труб та дерев та за рахунок модулярності компонентів довжина конструкції може бути швидко зменшена чи збільшена.

Недоліки Unified Snake: повільний рух.

Розглянемо платформи з комбінованим типом пересування.

INACHUS від SINTEF – багатосенсорний пошуковий робот, комбінація змієподібної платформи (рис 5, а) з платформою на гусеничних стрічках. [13]

RSTAR від дослідників з Неґевського університету імені Бен-Гуріона – комбінує у рушійній платформі (рис 5, б) 2 ноги, кожна з них має 2 ступені вільності та, в залежності від конфігурації, 2-3 пари коліс двох типів. [14]

Rooster від RoboTiCan – гібрид (рис 5, в) квадрокоптерної та одноколісної платформи, що поєднує колесо з захисною кліткою. [15]

Multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure від Цзяннанського університету (рис 5, г), що поєднує у собі режими руху ногами (яких він має 6) та колесами (яких він має 4) у одну конструкцію. [16]

а) б) в) г)

а) Робот INACHUS; б) робот RSTAR; в) робот Rooster; г) робот multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure

Рисунок 5 – Платформи з комбінованим типом пересування

В ході проведеного аналізу визначені наступні спільні переваги розглянутих платформ з комбінованим типом пересування: поліпшена здатність долати перешкоди різних типів та відносно великі максимальні швидкості.

До спільних недоліків розглянутих платформ з комбінованим типом пересування можна віднести: більша чутливість до фізичних пошкоджень за рахунок ускладнених конструкцій.

Переваги INACHUS: невеликі габарити, конструкція рівномірно розподіляє вагу та дозволяє встановлювати доволі багато внутрішніх компонентів, мінімальні ризики перегортання догори дригом.

Недоліки INACHUS: сильне уповільнення руху під час здолання перешкод, є ризик застрягти через затримання «ланцюжків» перешкодами, нездатність переміщення вбік

Переваги RSTAR: висока швидкість на рівних поверхнях, може повернутися до нормального положення колесами вниз та має здатність пересуватися між стінками як горизонтально, так і вертикально.

Недоліки RSTAR: сильне уповільнення руху під час здолання невеликих вертикальних перешкод та прірв та тризубчасті колеса можуть заплутатись у мотузках чи дротах.

Переваги Rooster: здатність літати без перегортань, стійкість до зіткнень вище ніж в звичайних літальних дронів, невелика ймовірність пошкодити потенційно крихкі середовища завдяки малим габаритам та вазі (1300 г).

Недоліки Rooster: батареї вистачає тільки на 12-90 хвилин роботи, ротори можуть бути легко пошкоджені сміттям, обмежені вантажопідйомність (до 300 г) та можливість встановлення додаткових зовнішніх компонентів.

Переваги multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure: гарна швидкість при використанні коліс, великий корпус дозволяє легко приєднати додаткові зовнішні чи внутрішні компоненти та наявна можливість руху вбік.

Недоліки multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure: відсутня можливість протидії перегортання догори дриґом.

ВИСНОВКИ. На основі аналізу доступної інформації щодо можливостей, специфікацій та інженерного виконання роботів можна зробити висновок, що як типи платформ, так і окремі платформи мають свої особливості, переваги та недоліки, знання про які є необхідними для:

- оцінки їх сумісності з ефективною експлуатацію в певних умовах тих пошуків, в яких можуть бути зацікавлені їх потенціальні користувачі;
- можливості подальших досліджень та розробок на основі існуючих проектів та їх концептів, у чому можуть бути зацікавлені їх потенційні дослідники.

ЛІТЕРАТУРА

1. Robert Bogue (2018). Disaster relief, and search and rescue robots: the way forward. Industrial Robot: the international journal of robotics research and application, 2018, Article ID IR-11-2018-0227, https://doi.org/10.1108/IR-11-2018-0227.
2. Ning M., & et al. (2017). Design, Analysis, and Experiment for Rescue Robot with Wheel-Legged Structure. Robotics and Control Engineering of Wave and Tidal Energy-Recovering Systems, 2017, Article ID 5719381, https://doi.org/10.1155/2017/5719381.
3. Huang C., & et al. (2017). Claw-Wheel: A Transformable Robot for Search and Investigation
in Amphibious Environment. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2017, Article ID 8206564, https://doi.org/10.1109/IROS.2017.8206564.
4. Yevsieiev V. & Shmatko S. (2022). Analysis of Crawler Robots. Innovations Technologies in Science and Practice. The VI International Scientific and Practical Conference – P. 510-514, 2022, Article ID ISG.2022.I.VI, https://doi.org/10.46299/ISG.2022.I.VI.
5. ExRobotics. ExR-1. ExRobotics Robots – 2018. Режим доступу: https://exrobotics.global/robots/exr-1 – (дата звернення: 06.11.2022).
6. Mioch T., & et al. (2018). Improving Adaptive Human-Robot Cooperation through Work Agreements. 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2018. Article ID 8525776, https://doi.org/10.1109/roman.2018.8525776.
7. AKINROBOTICS. ARAT 4.1. AKINROBOTICS quadruped robot ARAT – 2020. Режим доступу: https://www.akinrobotics.com/en/quadruped-robot-arat – (дата звернення: 06.11.2022).
8. Burkhardt M., & et al. (2018). Proprioceptive Inference for Dual-Arm Grasping of Bulky Objects Using RoboSimian. IEEE International Conference on Robotics and Automation – 2018. Article ID 8460776, https://doi.org/10.1109/ICRA.2018.8460776.
9. Patath K., & et al. Modular Hexapod. Carnegie Mellon University Biorobotics Laboratory – 2017. Режим доступу: https://kartiksonu.github.io/project/vision-system-for-6-legged-robot/report.pdf – (дата звернення: 06.11.2022).
10. McHorse B.K., & et al. (2019). The Evolution of a Single Toe in Horses: Causes, Consequences, and the Way Forward. Integrative and Comparative Biology 59, 2019, Article ID icz050, https://doi.org/10.1093/icb/icz050.
11. Liljebäck P., & et al. (2017). Wheeko – A snake robot with passive wheels. ROBOTNOR, 2017. Режим доступу: https://robotnor.no/research/wheeko-a-snake-robot-with-passive-wheels – (дата звернення: 06.11.2022).
12. Singh A., & et al. (2018). Modelling and Path Planning of Snake Robot in cluttered environment. International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots, 2018, Article ID 8449833, http://dx.doi.org/10.1109/REMAR.2018.8449833.
13. Marafioti G., & Skjersli K.V. (2019). INACHUS Robot. Technoport, 2019, Article ID 1763530, https://app.cristin.no/results/show.jsf?id=1763530.
14. Zarrouk D., & Yehezkel L. (2018). Rising STAR: A Highly Reconfigurable Sprawl Tuned Robot. IEEE Robotics and Automation Letters 3, 2018, Article ID 2805165, http://dx.doi.org/10.1109/LRA.2018.2805165.
15. RoboTiCan. Rooster. Search and Rescue – 2017. Режим доступу: https://robotican.net/brochure-3 – (дата звернення: 06.11.2022).
16. Ning M., & et al. (2018). Design and analysis for a multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure. Advances in Mechanical Engineering 10, 2018, Article ID 1687814017747399, https://doi.org/10.1177/1687814017747399.