

ЛАКТИОНОВ ОЛЕКСАНДР

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

<https://orcid.org/0000-0002-5230-524X>e-mail: laktionov.alexander@ukr.net

ПЕДЧЕНКО НАЗАР

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

<https://orcid.org/0000-0002-0018-4482>e-mail: jashsfenix@ukr.net

КОНЦЕПЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГОТОВНОСТІ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДО ВИКОНАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ

Стаття присвячена процесу створення концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань. Проаналізовано техніку розробки теоретичних основ концепцій та їх елементів. За результатами порівняльного аналізу визначено складові структури елементів типової концепції та передумови їх розробки. Запропоновано концепцію визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань, яка базується на принципах: прохідність робототехнічної системи, злагодження підрозділу, оптимізація визначення маршруту руху, оптимізація визначення цілі та її ураження, надійність, безпека, діагностика, аналіз середовищ перебування системи.

Ключові слова: концепція, рівень готовності, робототехнічна система, бойові дії.

LAKTIONOV OLEKSANDR

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

PEDCHENKO NAZAR

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

THE CONCEPT OF DETERMINING THE READINESS LEVEL OF ROBOTIC SYSTEMS FOR PERFORMING COMBAT TASKS

The article is dedicated to the process of developing a concept for assessing the readiness level of robotic systems for performing combat tasks. It analyzes techniques for establishing the theoretical foundations of concepts and their elements. Based on the results of a comparative analysis, the components of a typical concept's structure and the prerequisites for their development have been identified. The typical structure of the concept includes principles, models, methods, technologies, and has certain prerequisites that influence its content. Prerequisite 1 relates to the principles of the concept, where specific models can be employed. Prerequisite 2 encompasses aspects of creating methodologies through the enhancement of existing methods. Prerequisite 3 defines the procedure for selecting a particular group of methods, including clustering methods when data distribution information is lacking.

A concept for assessing the readiness level of robotic systems for performing combat tasks has been proposed, which is based on principles such as system possibility, unit coordination, optimization of route planning, optimization of target identification and engagement, reliability, safety, diagnostics, and analysis of the system's environmental conditions. Other components of the proposed concept include action scenarios and action models that depend on the characteristics of input data and allow for the simulation of the expected outcomes of activities. Furthermore, the concept involves the existence of a method for determining the integral readiness level of the robotic system and corresponding software implementation. Among the limitations of the proposed concept, it is important to highlight the absence of a formal description of the research object and the determination of the specifics of the research methodology tools.

Key words: concept, readiness level, robotic system, combat operations.

Вступ та постановка проблеми

У звіті про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення [1], опублікованого березнем 2023 року, наведено динаміку збитків різних секторів. Зростання вказаних збитків фіксується й сьогодні. Одним із напрямів мінімізації збитків, зокрема збереження життя людей, є використання сучасних робототехнічних технологій, що є складовою промислової революції 5.0 [2]. Тому актуалізується питання, щодо розробки, обслуговування, ремонту роботів, безпілотних літальних апаратів та використання останніх у різних сферах. Це породжує розвиток й модернізацію не лише технологій, а й методологій, важливим аспектом котрих є діагностика й перевірка готовності конкретно обладнання до роботи.

Передумовою розробки концепцій робототехнічних систем є аналіз роботизованих комплексів армій світу [3]. Досвід використання відомих робототехнічних систем вказує на синергію роботів наземних і повітряних типів [4]. Це дозволяє оптимізувати процес використання наземних роботів. Відповідно до промислової революції 5.0, активно проводяться дослідження роботизованих систем на основі штучного інтелекту або інтелектуальних роботизованих систем [5].

Так у [5] прийнято інноваційне рішення щодо керування роботизованими платформами. Цінність підходу полягає у тому, що льотчик і комп'ютери літака керують усією своєю підлеглою повітряною технікою у повітрі. Крім цього робототехнічна платформа повинна обов'язково трансформуватися [6]. Нові, принципові інновації, та застарілі доповнюють один одного у структурі концепції. Це породжує складнощі й обмеження, зокрема з необхідністю визначення рівня готовності обладнання до виконання бойових завдань.

Передумови структурованого вирішення проблеми діагностики складних технічних систем запропоновано у роботі [7]. Серед пропозицій розглянуто загальні кроки для досягнення мети діагностики, наведено постановку завдання у теоретико-множинному вигляді.

Оскільки існуючі рішення складені відповідно до відомих концепцій, що не враховують умови війни, то це аргументує та актуалізує розробку концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань.

Аналіз останніх досліджень

Існуючі науково-дослідні роботи є різносторонніми, де вивчається або процес створення теоретичних основ концепцій, або лише елементів концепцій. Так робота [8] наводить методичні основи формування концепції розбудови системи висвітлення надводної обстановки на морській (річковій) ділянці в контексті забезпечення прикордонної безпеки. За результатами досліджень сформовано завдання для забезпечення безпеки й надано пропозиції визначення показника безпеки експертним шляхом.

Теоретико-методологічні основи інформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для потенційно небезпечних об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту на сході України вивчалися у [9]. Запропоновано заздалегідь вивчати об'єкти критичної інфраструктури та прогнозувати різні способи наслідків на зовнішнє середовище. Для цього побудовано відповідну модель класифікації з описом подій. Попереднє вивчення об'єктів у цьому дослідженні є прототипом діагностики готовності об'єктів.

У роботі [10] проведено аналіз методологічного апарату оцінки загроз у сфері безпеки державного кордону. Цінністю досліджень є доповнення існуючих методологій оборонного планування методами SWOT-аналізу та Q-аналізу.

Створення елементів методологій передбачає вивчення не лише теоретико-методологічних аспектів, а й аналізу моделей, методів, технологій, концептуальних основ використання військових наземних роботизованих систем [11]. Тому розробка нової концепції або удосконалення існуючої потребує ґрунтовного, ретельного аналізу концепцій. Підтвердженням цього є роботи [8–11], які зорієнтовані на розробку теоретико-методологічних основ для створення концепцій моделювання безпеки, техногенних загроз й інших факторів на рівні країни. Запропоновані підходи є цінними, але не зрозуміло як використати цей досвід для розробки концепції діагностики робототехнічної системи.

Крім концептуальних основ розглядають теоретичні моделі розробки концепцій. Підтвердженням цього є робоча концепція дисертаційних досліджень з розробки теорії обробки сигналів у цифровому сегменті спеціальних систем та комплексів радіозв'язку на основі технології MIMO [12]. Описана загальна стратегія щодо розробки концепцій для розробки теорії обробки сигналів на основі сучасних технологій. Це дозволяє у майбутніх дослідженнях сформулювати конкретний об'єкт дослідження та розробити певну концепцію.

У статті [13] запропонована концепція багатофункціональної системи кооперативної робототехніки на основі онтологічного підходу. Ця система базується на інтелектуальних агентах на основі онтологічного підходу, всі спільні знання системи представляються у вигляді онтологій. Модель тлумачиться як один з принципів методології, що потужно. У якості принципів можуть бути використані конкретні моделі, а, власне, методологія може бути удосконала шляхом додавання нового інструментарію. Саме такі дослідження проводилися у науково-дослідних роботах [17–19].

За результатами дослідження особливостей використання фізичного діагностування при побудові інтелектуальної системи діагностики радіоелектронної техніки запропоновано комплексне використання методів. Це дозволяє істотно підвищити вірогідність діагностування, що особливо важливо для об'єктів критичної інфраструктури [17].

Науково-дослідна робота [18] присвячена розробці методики діагностичного забезпечення радіоелектронної техніки на основі енергостатичного методу діагностування з використанням інформаційних технологій. Авторами проаналізовано залежність кількості відмов цифрових пристроїв від часу експлуатації, структуру діагностичного модуля. Проаналізовані залежності є підставою для розробки діагностичної методики, котра вирішує проблеми надійності техніки.

Втім, з практичної точки зору, інформація про тип діагностичних даних та їх розподіл відома не завжди. Тому використовуються методи кластеризації [19], та зокрема комбінований метод нечіткої кластеризації даних в системах технічної діагностики. Метод складається з таких кроків [19]: вибір структури діагностичної моделі; збір даних та їх підготовка до кластеризації; визначення кількості кластерів з використанням MSF, МННК-к та фільтрації Калмана; нечітка кластеризація даних з використанням метода ГК; оцінювання якості кластеризації.

Методологія побудови моделі якості комплексної системи розглядається у [16]. Методологія деталізовано описує процес вирішення конкретної наукової проблеми. Але в роботі не вирішується проблема щодо рівня готовності до виконання бойових завдань. Розглянемо загальні складові концепцій досліджень складних систем, табл. 1.

За результатами порівняльного аналізу структур концепцій, кожна концепція є унікальною та зорієнтована на вирішення конкретного завдання. Концепція забезпечення гарантоздатності обслуговуваних ІКС [14], включає три принципи, три моделі, два методи, дві інформаційні технології й чотири домени. Вона розроблена на основі розвитку парадигми Дж. Фон-Неймана. Саме вказана парадигма дозволила обґрунтувати та обрати відповідні моделі та методи дослідження, котрі впроваджено у процеси розробки, верифікації, сертифікації та супроводу гарантоздатних ІКС. Ефективність діяльності запропонованого підходу виміряно за кількома критеріями. Так, зросла точність оцінювання гарантоздатності на 0,34-2,7 %. Покращено значення мінімуму функції готовності при виборі процедур багатоцільового обслуговування на 1-10,5 % та збільшено часовий інтервал виконання вимог до гарантоздатності у 1,5-2 рази.

Таблиця 1

Загальна структура концепцій дослідження складних систем

Концепція забезпечення гарантоздатності обслуговуваних ІКС [14]	
1	Принцип врахування змін в ІКС та середовищі протягом життєвого циклу, комплексного врахування різних видів відмов та впливів змін, багатоцільового обслуговування
	Моделі: багатофрагментні, мультифазні, імітаційні
	Методи: визначення параметрів гарантоздатних ІКС, вибору параметрів процедур обслуговування для забезпечення гарантоздатності ІКС
	Інформаційні технології: оцінювання показників гарантоздатності критичних ІКС при багатоцільовому обслуговуванні, вибору параметрів стратегії багатоцільового обслуговування
	Домени: Вебсервіси, ІКС космічних апаратів, Системи автоматизації розумних будинків, Системи нормальної експлуатації ІКС АЕС
Концепція людиноцентрованого підходу побудови інтелектуальних систем прийняття рішень [15]	
2	Принципи: інтерпретованості, пояснювальності, транспарентності, простежуваності, всебічності розгляду, аналізованості
	Методи: формування множини систем прийняття рішень, формування ансамблю систем прийняття рішень, сегментування даних за агрегацією рішень ансамблю СПР й інші
	Інформаційна технологія: інтелектуальні інформаційна технологія отримання довірчих рішень

Концепція людиноцентрованого підходу побудови інтелектуальних систем прийняття рішень [15] включає шість принципів, масив методів та інформаційну технологію. Основою концепції є інтелектуальна інформаційна технологія отримання довірчих рішень, яка реалізує рух інформаційних потоків формування рішень за складовими довіри. Це і є перевагою запропонованої концепції над існуючими. За результатами експериментальної верифікації вказана концепція продемонструвала наступні показники ефективності. Підвищено точність класифікації в максимальних значеннях до 3 %, повноту – до 9 %. Як видно з [14-15] загальна структура концепцій дозволяє їх використовувати у конкретних напрямках.

Аналіз існуючих підходів [8–19], дозволяє сформувати наступні передумови розробки концепції діагностики робототехнічних систем.

Передумова 1. У якості принципів концепції можуть бути використані конкретні моделі.

Передумова 2. Методологія може бути удосконалена шляхом додавання нового інструментарію, зокрема одного або групи методів.

Передумова 3. Факт встановлення або не існування залежностей між набором вхідних оцінок вказує на необхідний тип використаних методів концепції.

Саме ці складові надають відповідь на питання щодо впливу конкретних методів на структуру та особливості концепції.

Мета роботи: запропонувати концепцію визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань, яка базується на принципах: прохідність робототехнічної системи, злагодження підрозділу, оптимізація визначення маршруту руху, оптимізація визначення цілі та її ураження, надійність, безпека, діагностика, аналіз середовищ перебування системи. Це надало змогу сформувати загальну основу концепції за рахунок синергії інструментів дослідження.

Вклад основного матеріалу

Розглянемо формальну структуру концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань. Структура концепції передбачає існування восьми принципів, восьми сценаріїв дій, множини моделей, методів, кількість котрих необхідно з'ясувати, два програмні засоби та технології або функціонал робототехнічної системи.

У якості принципів концепції запропоновано використати: прохідність робототехнічної системи, злагодження підрозділу, оптимізація визначення маршруту руху, оптимізація визначення цілі та її ураження, надійність, безпека, діагностика, аналіз середовищ перебування системи. Запропоновані принципи структурують загальну основу концепції.

Сценарії дій та моделі будуються залежно від необхідної кількості завдань. Кожна модель дій залежить від сценарію дій та особливостей вхідних даних. У табл. 2 подано взаємозв'язок сценаріїв дій та моделей.

Таблиця 2

Сценарії дій та моделі концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань

№ з/п	Вхідні дані	Сценарій дій	Модель дій	Прогнозований результат діяльності
1	ВД ₁	СД ₁	МД ₁	ПРД ₁
...
n	ВД _n	СД _n	МД _n	ПРД _n

Змодельовані сценарії та моделі дій аналізуються на предмет прогнозованих результатів діяльності, зокрема час виконання завдання при певних технічних характеристиках робота тощо.

Створені моделі дій об'єднуються в інтегральний метод визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань. В рамках наступного етапу досліджень варто обґрунтувати наявність існування розробки інших методів діагностики.

Оцінки розраховані за методом визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань накопичуються у базі даних та використовуються для аналізу й прийняття рішень щодо можливості використання робототехнічної системи. При цьому варто враховувати технології робототехнічної системи.

Якщо відтворити загальну ієрархію концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань, то маємо стандарти роботи обладнання, концепцію, принципи концепції, сценарії дій (умови, правила), моделі дій, що залежать від сценаріїв, метод визначення рівня готовності системи, засоби реалізації методів. Наведена ієрархія є елементом методології.

Таким чином запропонована концепція дозволить здійснювати перевірку готовності робототехнічної системи до виконання бойових завдань, зокрема розвідки, визначення небезпечних об'єктів, розмінування територій, перевезення військових пристроїв тощо.

Висновки

Проведений аналіз існуючих концепцій діагностики складних технічних систем дозволив з'ясувати структуру концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань.

Запропоновані елементи концепції визначення рівня готовності робототехнічних систем до виконання бойових завдань, що на відміну від існуючих враховують принципи такі як: прохідність робототехнічної системи, злагодження підрозділу, оптимізація визначення маршруту руху, оптимізація визначення цілі та її ураження, надійність, безпека, діагностика, аналіз середовищ перебування системи.

Серед недоліків запропонованої концепції варто виокремити відсутність технічних характеристик об'єкта дослідження та його будови. Це дозволило б розробити конкретні кроки дій для проведення експериментів на реальних зразках техніки.

Література

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення [Електронний ресурс]. – [Б. м. : б. в.], 2023. – 49 с. – Режим доступу : https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf.
2. Ryvak N. O. Industry 5.0: transition to a sustainable and human-oriented industry. *Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine*. 2022. № 3(155). P. 41–46. <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7> (дата звернення: 01.09.2023). – Назва з екрана.
3. Залипка В. Д. Особливості створення та застосування наземних роботизованих комплексів у провідних країнах світу та Україні [Електронний ресурс] / В. Д. Залипка // *Scientific Bulletin of UNFU*. – 2022. – Т. 32, № 4. – С. 60–65. – Режим доступу : <https://doi.org/10.36930/40320410> (дата звернення: 01.09.2023). – Назва з екрана.
4. Trofymenko S. A universal transforming platform for evacuating wounded using ground unmanned remotely controlled complexes [Електронний ресурс] / S. Trofymenko // *Наукові праці Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. – 2022. – № 11. – С. 136–141. – Режим доступу : <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.11.2022.15>
5. Yashchenko V. O. Intelligent robotic systems to ensure life safety in emergency situations of peace and war [Електронний ресурс] / V. O. Yashchenko // *Mathematical machines and systems*. – 2020. – Т. 1. – С. 3–29. – Режим доступу : <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2020-1-3-29>
6. Залипка В. Аналіз та синтез класифікаційних ознак засобів взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем багатоцільових роботизованих платформ для подальшої їх трансформації [Електронний ресурс] / Василь Залипка // *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 21–33. – Режим доступу : <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20230202.03>
7. Лактіонов О.І. Передумови розробки структурованого вирішення проблеми діагностики складних технічних систем / О.І. Лактіонов // *Тези 75-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»* (Полтава, 02 трав.–25 трав. 2023 р.). – Т. 1. – С. 8–9.
8. Мазур В. Ю. Методичні основи формування концепції розбудови системи висвітлення надводної обстановки на морській (річковій) ділянці в контексті забезпечення прикордонної безпеки [Електронний ресурс] / Валентин Юрійович Мазур, Олег Васильович Боровик // *Theoretical Foundations of Information Technologies Creation and Use*. – 2017. – С. 137–145. – Режим доступу : <http://sit.nuou.org.ua/article/view/213686/213807>.
9. Чумаченко С. Теоретико-методологічні основи інформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту на сході України [Електронний ресурс] / Сергій Чумаченко, Рустам Мурасов, Ярослав Мельник // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 117–122. – Режим доступу : <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-117-122>
10. Братко А. Аналіз методологічного апарату оцінки загроз у сфері безпеки державного кордону

[Електронний ресурс] / Артем Братко, Анатолій Мисик // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 95–98. – Режим доступу : <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-95-98>

11. Шугуров О. С. Розвиток військових наземних роботизованих систем в контексті нових концепцій управління: перспективи України / Олександр Сергійович Шугуров // Стратегічні пріоритети. – 2007. – № 4(5). – С. 198–205.

12. Масесов М. О. Робоча концепція дисертаційних досліджень з розробки теорії обробки сигналів у цифровому сегменті спеціальних систем та комплексів радіозв'язку на основі технології МІМО / Микола Олександрович Масесов // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2013. – № 3(18). – С. 60–62.

13. Krasovskyi M. V. The concept of the multifunctional system of cooperative robotics. Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences. 2020. T. 1, № 6. С. 90–95. <https://doi.org/10.32838/tnu-2663-5941/2020.6-1/15>

14. Поночовний Ю. Л. Методологічні основи та інформаційні технології забезпечення гарантоздатності інформаційно-керуючих систем з багатоцільовим обслуговуванням : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Поночовний Юрій Леонідович ; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2021. – 43 с.

15. Манзюк Е. А. Теоретичні та прикладні засади інтелектуальної інформаційної технології отримання довірчих рішень за людиноцентрованим підходом : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Манзюк Е. А. ; Хмельницький національний університет. – Хмельницький, 2022. – 48 с.

16. Gitto J.-P. A Methodology for Complex System Quality Model Construction – First level. IFAC-PapersOnLine. 2016. T. 49, № 12. С. 319–324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.624>

17. Сакович Л. М. Методика фізичного діагностування цифрових пристроїв об'єктів радіоелектронної техніки [Електронний ресурс] / Л. М. Сакович [та ін.] // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 2(62). – С. 93–101. – Режим доступу : <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.62.12>.

18. Ленков С. В. Методика розробки діагностичного забезпечення радіоелектронної техніки на основі енергостатичного методу діагностування з використанням інформаційних технологій / С. В. Ленков, М. К. Жердев, І. В. Толок, С. І. Глухов, Г. Б. Жиров // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 4. – С. 46–51.

19. Удовенко С. Г. Комбінований метод нечіткої кластеризації даних в системах технічної діагностики [Електронний ресурс] / С. Г. Удовенко, Д. В. Келембет, О. В. Тесленко // Системи обробки інформації. – 2020. – № 1(160). – С. 7–17. – Режим доступу : <https://doi.org/10.30748/soi.2020.160.01>

References

1. Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinuван vnaslidok viiskovoi ahresii rosii proty Ukrainy za rik vid pochatku povnomasshtabnoho vtorhnenia [Elektronnyi resurs]. – [B. m. : b. v.], 2023. – 49 s. – Rezhym dostupu : https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf.

2. Ryvak N. O. Industry 5.0: transition to a sustainable and human-oriented industry. Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine. 2022. № 3(155). R. 41–46. <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7> (data zvernennia: 01.09.2023). – Nazva z ekrana.

3. Zalyпка V. D. Osoblyvosti stvorennia ta zastosuvannia nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv u providnykh krainakh svitu ta Ukraini [Elektronnyi resurs] / V. D. Zalyпка // Scientific Bulletin of UNFU. – 2022. – Т. 32, № 4. – С. 60–65. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.36930/40320410> (data zvernennia: 01.09.2023). – Nazva z ekrana.

4. Trofymenko S. A universal transforming platform for evacuating wounded using ground unmanned remotely controlled complexes [Elektronnyi resurs] / S. Trofymenko // Naukovi pratsi Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki. – 2022. – № 11. – С. 136–141. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.11.2022.15>

5. Yashchenko V. O. Intelligent robotic systems to ensure life safety in emergency situations of peace and war [Elektronnyi resurs] / V. O. Yashchenko // Mathematical machines and systems. – 2020. – Т. 1. – С. 3–29. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2020-1-3-29>

6. Zalyпка V. Analiz ta syntezy klasyfikatsiinykh oznak zasobiv vzaiemodii iz zovnishnimy ob'ektyamy ta seredovysshchem bahatotsilovykh robotyzovanykh platform dlia podalshoi yikh transformatsii [Elektronnyi resurs] / Vasyl Zalyпка // International Science Journal of Engineering & Agriculture. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 21–33. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20230202.03>

7. Laktionov O.I. Peredumovy rozrobky strukturovanoho vyrishennia problemy diahnostryky skladnykh tekhnichnykh system / O.I. Laktionov // Tezy 75-yi naukovi konferentsii profesoriv, vykladachiv, naukovykh pratsivnykiv, aspirantiv ta studentiv Natsionalnoho universytetu «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka» (Poltava, 02 trav.–25 trav. 2023 r.). – Т. 1. – С. 8–9.

8. Mazur V. Yu. Metodichni osnovy formuvannia kontseptsii rozbudovy systemy vysvitlenia nadvodnoi obstanovky na morskii (richkovii) diliansi v konteksti zabezpechennia prykordonnoi bezpeky [Elektronnyi resurs] / Valentyn Yuriiovych Mazur, Oleh Vasylovych Borovyk // Theoretical Foundations of Information Technologies Creation and Use. – 2017. – С. 137–145. – Rezhym dostupu : <http://sit.nuou.org.ua/article/view/213686/213807>.

9. Chumachenko S. Teoretyko-metodolohichni osnovy informatsiinoho analizu ekoloho-tekhnohennykh zahroz dlia potentsiino-bezpechnykh ob'ektiv krytychnoi infrastruktury v umovakh zbroinoho konfliktu na skhodi Ukrainy [Elektronnyi resurs] / Serhii Chumachenko, Rustam Murasov, Yaroslav Melnyk // Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 117–122. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-117-122>

10. Bratko A. Analiz metodolohichnoho aparatu otsinky zahroz u sferi bezpeky derzhavnoho kordonu [Elektronnyi resurs] / Artem Bratko, Anatolii Mysyk // Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 95–98. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2021-40-1-95-98>

11. Shuhurov O. S. Rozvytok viiskovykh nazemnykh robotyzovanykh system v konteksti novykh kontseptsii upravlinnia: perspektyvy Ukrainy / Olexsandr Serhiiovych Shuhurov // Stratehichni priorytety. – 2007. – № 4(5). – С. 198–205.

12. Masesov M. O. Robocha kontseptsiiia dysertatsiinykh doslidzhen z rozrobky teorii obrobky syhnaliv u tsyfrovomu sehmenti spetsialnykh system ta kompleksiv radiozviazku na osnovi tekhnolohii MIMO / Mykola Olexsandrovych Masesov // Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony. – 2013. – № 3(18). – С. 60–62.

13. Krasovskiy M. V. The concept of the multifunctional system of cooperative robotics. Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences. 2020. T. 1, № 6. S. 90–95. <https://doi.org/10.32838/tnu-2663-5941/2020.6-1/15>
14. Ponochovnyi Yu. L. Metodolohichni osnovy ta informatsiini tekhnologii zabezpechennia harantozdatnosti informatsiino-keruiuchykh system z bahatotsilovym obsluhovuvanniam : avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.13.06 / Ponochovnyi Yurii Leonidovych ; Natsionalnyi tekhnichnyi universytet «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut». – Kharkiv, 2021. – 43 s.
15. Manziuk E. A. Teoretychni ta prykladni zasady intelektualnoi informatsiinoi tekhnologii otrymannia dovirchykh rishen za liudynotsentrovanyim pidkhodom : avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.13.06 / Manziuk E. A. ; Khmelnytskyi natsionalnyi universytet. – Khmelnytskyi, 2022. – 48 s.
16. Gitto J.-P. A Methodology for Complex System Quality Model Construction – First level. IFAC-PapersOnLine. 2016. T. 49, № 12. S. 319–324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.624>
17. Sakovych L. M. Metodyka fizychnoho diahnostuvannia tsyfrovyykh prystroiv obektiv radioelektronnoi tekhniki [Elektronnyi resurs] / L. M. Sakovych [ta in.] // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2020. – № 2(62). – S. 93–101. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.62.12>.
18. Lienkov S. V. Metodyka rozrobky diahnostychnoho zabezpechennia radioelektronnoi tekhniki na osnovi enerhostatychnoho metodu diahnostuvannia z vykorystanniam informatsiinykh tekhnologii / S. V. Lienkov, M. K. Zherdiev, I. V. Tolok, S. I. Hlukhov, H. B. Zhyrov // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2017. – № 4. – S. 46–51.
19. Udovenko S. H. Kombinovanyi metod nechitkoi klasteryzatsii danykh v systemakh tekhnichnoi diahnostyky [Elektronnyi resurs] / S. H. Udovenko, D. V. Kelembet, O. V. Teslenko // Systemy obrobky informatsii. – 2020. – № 1(160). – S. 7–17. – Rezhym dostupu : <https://doi.org/10.30748/soi.2020.160.01>