

**ІНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
МНО АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"
УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА**

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

**Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної
науково-технічної конференції**

24 – 25 квітня 2025 року

Том 1: секції 1, 5

Баку – Харків – Жиліна – 2025

У збірнику подано тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління". Розглянуті питання за такими напрямками: теоретичні та прикладні аспекти систем прийняття рішень, оптимізації та управління системами і процесами; комп'ютерні методи та засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління; безпека функціонування комп'ютерних систем та мереж; інформаційні технології у цивільній безпеці; сучасні інформаційно-вимірювальні системи; інформаційні технології у цивільній безпеці.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголови оргкомітету

ГАШИМОВ Ельшан Гіяс огли (д.н.б. & в.н., проф., НУО АР, Баку, Азербайджан);
КОВАЛЕНКО Андрій Анатолійович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ЛЕВАШЕНКО Віталій (к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
ФЕДОРОВИЧ Олег Євгенович (д.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна).

Члени оргкомітету

ГЛАВЧЕВ Максим Ігорович (к.е.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ГЛИВА Валентин Анатолійович (д.т.н., проф., КНУБА, Київ, Україна);
ДОРОНІН Євген Володимирович (к.т.н., доц., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ЗАЙЦЕВА Єлена (к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
КАЛІНІН Євгеній Іванович (д.т.н., проф., НУ БрПкУ, Київ, Україна);
КАРПІНСЬКІ Миколай (д.н., проф., Університет Бельсько-Бяла, Польща);
КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
КОСЕНКО Віктор Васильович (д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна);
ЛЕВЧЕНКО Лариса Олексіївна (д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, Україна);
ЛЕЩЕНКО Олександр Борисович (к.т.н., доц., НАУ «ХАІ», Харків, Україна);
МІХАЛЬ Олег Пилипович (д.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна);
МОЖАЄВ Олександр Олександрович (д.т.н., проф., ХНУВС, Харків, Україна);
ПОДОРОЖНЯК Андрій Олексійович (к.т.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
РОМАНЕНКОВ Юрій Олександрович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
РУБАН Ігор Вікторович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
СЄВЕРІНОВ Олександр Васильович (к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна);
СЕМЕНОВ Сергій Геннадійович (д.т.н., проф., УКНО, Краків, Польща);
СМІРНОВ Олександр Анатолійович (д.т.н., проф., ЦНТУ, Кропивницький, Україна);
ТРЕТЬЯКОВ Олег Вальтерович (д.т.н., проф., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ШЕФЕР Олександр Віталійович (д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна).

Секретаріат оргкомітету

КУЧУК Ніна Георгіївна (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ЛЯШЕНКО Олексій Сергійович (к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна).

**INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS
OF THE MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN**

**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE**

**KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY
OF RADIO ELECTRONICS**

**NATIONAL AEROSPACE UNIVERSITY
KHARKIV AVIATION INSTITUTE**

UNIVERSITY OF ŽILINA

CURRENT DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND CONTROL TOOLS

**Proceedings of 15-th International
Scientific and Technical Conference**

April 24 – 25, 2025

Volume 1: sections 1, 5

Baku – Kharkiv – Žilina – 2025

Abstracts of reports of the 15-th international scientific and technical conference "Current directions of development of information and communication technologies and control tools" are presented in the collection. Considered issues in the following directions: theoretical and applied aspects of decision-making systems, optimization and control of systems and processes; computer methods and means of information and communication technologies and management; security of functioning of computer systems and networks; information technologies in civil security; modern information and measurement systems; information technologies in civil security.

ORGANIZING COMMITTEE

Co-chairs of the organizing committee:

Elshan Giyas oglu HASHIMOV (Dr. Nat. security and mil. sc., Baku, Azerbaijan);
Andriy KOVALENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Heorhii KUCHUK (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Vitaly LEVASHENKO (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Oleg FEDOROVICH (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine).

Members of the organizing committee:

Maksym HLAVCHEV (PhD (Ycon.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Valentyn GLYVA (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine)
Yevhen DORONIN (*PhD (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine*);
Elena ZAITSEVA (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Yevhen KALININ (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Mikolay KARPINSKI (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Bielsko-Biala, Poland);
Oleksii KOLOMIITSEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Viktor KOSENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine)
Larysa LEVCHENKO (Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine);
Oleksandr LESHCHENKO (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksandr MOZHAIEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Andrii PODOROZHNIAK (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Yuri ROMANENKOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Igor RUBAN (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksandr SIEVIERINOV (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Serhii SEMENOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Krakow, Poland);
Oleksii SMIRNOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kropyvnytskyi, Ukraine);
Oleg TRETYAKOV (*Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine*);
Oleksandr SHEFER (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine).

Secretariat of the organizing committee:

Nina KUCHUK (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksii LIASHENKO (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine).



П'ятнадцята міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління" проводиться 24 та 25 квітня 2025 року в режимі ONLINE. Тези доповідей доступні в INTERNET.

ТОМ 1

СЕКЦІЯ 1. Теоретичні та прикладні аспекти прийняття рішень, оптимізації та управління системами і процесами

Керівниця секції: д.т.н., проф. Н. Г. Кучук, НТУ «ХПІ», Харків

Секретар секції к.т.н., доц. С. С. Бульба, НТУ «ХПІ», Харків

СЕКЦІЯ 5. Сучасні інформаційно-вимірювальні системи

Керівник секції: д.т.н., проф. О. О. Можаяєв, ХНУВС, Харків

Секретар секції: PhD І.Ю. Петровська, НТУ «ХПІ», Харків

ТОМ 2

СЕКЦІЯ 2. Комп'ютерні методи і засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління

ТОМ 3

СЕКЦІЯ 3. Методи швидкої та достовірної обробки даних в комп'ютерних системах та мережах

СЕКЦІЯ 4. Безпека функціонування комп'ютерних систем та мереж

ТОМ 4

СЕКЦІЯ 6. Інформаційні технології у цивільній безпеці

СЕКЦІЯ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ОПТИМІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ І ПРОЦЕСАМИ

Керівниця секції: д.т.н., проф. Н. Г. Кучук, НТУ «ХПІ», Харків

Секретар секції: к.т.н., доц. С. С. Бульба, НТУ «ХПІ», Харків

ВЕБЗАСТОСУНОК ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЛОГІСТИКОЮ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ

Полежаєв А.С., Холєв В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів логістичних операцій критичного значення набуває ефективне управління процесами вантажоперевезень. Традиційні підходи до обробки логістичних даних часто виявляються недостатньо масштабованими, особливо в умовах високого навантаження [1]. У зв'язку з цим актуальним є створення веб-застосунків, які дозволяють автоматизувати управління логістикою, забезпечити стійкість системи та підвищити швидкість обробки запитів [2].

У роботі представлено розробку прототипу веб-системи, орієнтованої на управління логістикою вантажоперевезень. Основна увага приділяється оптимізації структури бази даних шляхом нормалізації, індексування, впровадження кешування, а також реалізації гнучкої архітектури застосунку. Проведене тестування показало зменшення часу відповіді системи на 45%, що підтверджує ефективність запропонованих рішень [3].

Окремо розглянуто реалізацію базових механізмів авторизації користувачів (водіїв, диспетчерів, брокерів) та управління статусами перевезень. У роботі також окреслено перспективи інтеграції інструментів машинного навчання для прогнозування маршрутного навантаження, аналітики та ухвалення управлінських рішень [4].

Список літератури

1. Zhong R.Y., Xu X., Klotz E., Newman S.T. Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: a review. *Engineering*, 2017, vol. 3(5), pp. 616–630.
2. Chong A.Y.L., Li B., Ngai E.W.T., Ch'ng E., Lee P.K.C. Predicting online product sales via online reviews, sentiments, and promotion strategies: a big data architecture and neural network approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 2016.
3. Pucella R., Tov S. Optimizing database queries for distributed systems: Challenges and techniques.
4. Dahlin M., Xu H., Zhang M. Real-time user authentication using multi-factor methods: A framework for transportation management. *Journal of Information Security*, 2021.

МЕХАНІКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ВІДЕОІГРАХ: ВПЛИВ ВИБОРУ ГРАВЦЯ НА РОЗВИТОК СЮЖЕТУ

Шафарук О.М., Холєв В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сучасному етапі розвитку ігрової індустрії все більше уваги приділяється інтерактивності та впливу вибору гравця на хід ігрового процесу. Якщо раніше відеоігри здебільшого ґрунтувалися на лінійному сюжеті, то зараз розробники намагаються втілювати до ігор механіки, які дозволяють створювати унікальні ігрові сценарії та підвищують рівень занурення гравця у світ гри.

Дослідження механік прийняття рішень у відеоіграх є актуальним для розробників, які прагнуть вдосконалити інтерактивні наративи та підвищити рівень залучення аудиторії [1]. Реалізація різних механік прийняття рішень сприяє глибшому зануренню гравця в сюжет та надає можливість повторного проходження відеогри та формування нових ігрових відгалужень.

Метою дослідження є аналіз основних механік прийняття рішень у відеоіграх та оцінка їхнього впливу на сюжетну складову, а також виявлення ефективних підходів до реалізації нелінійного сюжету.

Для досягнення поставленої мети слід проаналізувати основні типи механік вибору у відеоіграх, дослідити підходи, які реалізовано в популярних відеоіграх, визначити фактори, що підвищують емоційне залучення гравця за допомогою механік вибору [2], виявлення проблем з якими можна зіткнутися при створенні відповідних механік.

У результаті дослідження виявлено, що найбільш ефективними сучасними підходами до реалізації механік прийняття рішень є розгалужені сценарії, накопичувальні наслідки рішень та адаптивні алгоритми розвитку сюжету. Всі ці механіки дозволяють краще реалізувати ігровий процес, але виникають і проблеми, зокрема, використання значних ресурсів для створення різноманітних сюжетних гілок.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на аналіз використання штучного інтелекту для автоматичного формування сюжетних варіантів залежно від стилю гри користувача та вдосконалення алгоритмів генерації нелінійних сценаріїв.

Список літератури

1. Juul, J. Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds. The MIT Press. 2005.
2. Sicart, M. The Ethics of Computer Games. The MIT Press. 2009.

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ВИБОРУ ОНЛАЙН-КУРСУ З ВИВЧЕННЯ МОВИ SQL

Дацок Є.О., Вечірська І.Д.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Онлайн-курси з SQL, представлені в Інтернет, відрізняються за змістом, методами викладання, вартістю, технічними вимогами, підтримкою та мають певну рейтингову оцінку, яка не завжди є об'єктивною. В свою чергу, користувачі мають різний рівень підготовки, потреби та очікування, що ускладнює прийняття рішення про вибір курсу. Системний підхід дозволяє об'єктивно оцінити альтернативи та вибрати курс, що максимально відповідає потребам користувачів.

Метою роботи є розробка процедури оцінювання онлайн-курсів SQL на основі методу аналізу ієрархій (МАІ) для об'єктивізації процесу вибору курсу двома цільовими аудиторіями.

Для вибору оптимального онлайн-курсу SQL на основі багатокритеріального аналізу використано МАІ, який дозволяє систематизувати процес оцінювання та визначити найкращий варіант курсу відповідно до заданих критеріїв [1]. Цільова аудиторія дослідження включає початківців та користувачів із базовими знаннями SQL, які шукають ефективний курс для вивчення мови запитів. МАІ застосовано для побудови ієрархічної моделі вибору курсу, формування матриць парних порівнянь та розрахунку вагових коефіцієнтів, що визначають відносну значущість критеріїв [2]. Визначено компоненти вектору пріоритетів P для основних критеріїв вибору: зміст курсу ($P = 0,3623$), фінансові аспекти ($P = 0,2307$), методи викладання ($P = 0,1711$), доступність підтримки ($P = 0,0942$), технологічні можливості ($P = 0,0898$) та відгуки користувачів ($P = 0,0519$).

Аналіз альтернативних курсів SQL показав, що найбільш оптимальним є курс «Основи SQL», який отримав найвищий глобальний пріоритет (0,4464). Цей курс охоплює базові теми SQL, має доступну вартість, збалансовані методи викладання та високу оцінку користувачів.

Таким чином використання МАІ дозволило систематизувати процес прийняття рішення, визначити вплив кожного критерію та забезпечити вибір курсу для двох цільових аудиторій. Запропонований підхід може бути інтегрований у системи автоматизованого оцінювання освітніх програм та використаний для вибору курсів у різних сферах онлайн-навчання.

Список літератури

1. Saaty T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research. 1990. Т. 48, № 1. С. 9–26. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
2. Forman E. H., & Gass S. I. The analytic hierarchy process—An exposition. Operations Research. 2001. Т. 49, № 4. С. 469–486. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>

МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ ТА ЕКОНОМІЦІ

Шум Д.О., Лященко В.О., Мороз А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

З розвитком цифрових технологій зростає потреба в автоматизованих рішеннях для оптимізації складних процесів у логістиці та економіці. Одним із перспективних підходів є використання мультіагентних систем (МАС), які моделюють взаємодію автономних агентів для досягнення спільної мети. Завдяки своїй здатності до самонавчання, адаптації та розподіленого прийняття рішень, такі системи дозволяють підвищити ефективність управління ланцюгами постачання, фінансовими ринками та іншими економічними процесами. [1]

У сфері логістики мультіагентні системи застосовуються для динамічного планування маршрутів транспорту, управління складськими запасами та координації дій автономних роботів у логістичних центрах. Наприклад, агенти можуть прогнозувати затримки на маршрутах і автоматично коригувати плани перевезень, що зменшує час доставки та витрати. Крім того, інтеграція МАС із технологіями штучного інтелекту дозволяє покращити процеси прийняття рішень в умовах нестабільного попиту. [2]

В економічній сфері мультіагентні системи використовуються для моделювання ринкових механізмів, симуляції поведінки споживачів та автоматизації торгівлі. Наприклад, алгоритмічний трейдинг базується на принципах МАС, де окремі агенти аналізують ринкові дані, прогнозують коливання цін і здійснюють торговельні операції. Це сприяє зниженню ризиків і підвищенню ефективності фінансових рішень. Крім того, мультіагентні системи допомагають розробляти політики управління макроекономічними процесами, моделюючи вплив змін у податковій та грошово-кредитній політиці. [3]

Метою доповіді є аналіз принципів роботи мультіагентних систем та їх застосування в логістиці та економіці, зокрема у сфері управління транспортними потоками, автоматизації торгових операцій і прогнозування економічних тенденцій.

Список літератури

1. Сидоренко В.П. Мультіагентні системи: основи, методи та алгоритми. – Київ: Наукова думка, 2018. – 276 с.
2. Петров І.О. Логістичні моделі та мультіагентні системи: оптимізація та практичне застосування. – Львів: Технологічний університет, 2020. – 312 с.
3. Кравченко М.Л. Мультіагентні підходи в економічному моделюванні: аналіз та перспективи. – Харків: Видавничий дім, 2021. – 228 с.

ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ВИРОБНИЧИМИ ПРОЦЕСАМИ

Паладюк І.О., Показій К.О., Тимошенко Д.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

З розвитком промисловості та зростанням складності виробничих процесів постає необхідність у впровадженні ефективних методів оптимізації. Традиційні підходи до управління виробництвом не завжди забезпечують максимальну продуктивність та мінімізацію витрат, що спонукає до пошуку нових алгоритмічних і математичних рішень. Одним із ключових напрямів є використання методів математичного моделювання та штучного інтелекту, які дозволяють знаходити оптимальні шляхи розподілу ресурсів і мінімізувати втрати на різних етапах виробництва. [1]

Сучасні оптимізаційні методи включають застосування генетичних алгоритмів, методів роїння частинок, нейромережових підходів та моделювання бізнес-процесів. Наприклад, генетичні алгоритми успішно використовуються для розв'язання задач розкрою матеріалів, маршрутизації транспорту та планування виробничих ліній, що дозволяє значно скоротити час виконання завдань і підвищити ефективність роботи підприємств. [2]

Окремим напрямом є впровадження реального часу оптимізації в автоматизованих системах управління виробництвом. Такі системи використовують великий масив даних із сенсорних мереж та машинного навчання для швидкого аналізу і коригування параметрів процесів. Це забезпечує адаптивність виробництва до змінних умов та сприяє підвищенню енергоефективності й якості продукції. [3]

Метою доповіді є аналіз сучасних оптимізаційних методів в управлінні виробничими процесами, розгляд їхнього застосування для підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості продукції, а також оцінка перспектив розвитку цих методів у промисловості.

Список літератури

1. Петренко О.М. Оптимізаційні методи у виробничих системах: математичне моделювання та практичні застосування. – Київ: Техніка, 2015. – 220 с.
2. Іваненко В.П. Інтелектуальні системи управління виробничими процесами: алгоритми та технології. – Львів: Українське видання, 2018. – 275 с.
3. Сидоренко Г.О. Автоматизація оптимізації виробництва: сучасні підходи та перспективи розвитку. – Харків: Наукова думка, 2021. – 198 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ

Скетріс Д.І., Сітніков В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні кіберфізичні системи (КФС) відіграють ключову роль у промисловості, транспорті, енергетиці та інших сферах, де важливими є автономність, гнучкість і швидкість прийняття рішень. Автоматизація цього процесу дозволяє значно підвищити ефективність управління складними системами, мінімізувати людський фактор і забезпечити швидку адаптацію до змінних умов. [1]

Одним із основних підходів до автоматизації прийняття рішень у КФС є використання методів штучного інтелекту, зокрема машинного навчання та нейронних мереж. Завдяки цим технологіям системи можуть аналізувати вхідні дані в реальному часі, прогнозувати майбутні стани та адаптувати поведінку без втручання людини. Наприклад, у промисловості алгоритми глибокого навчання застосовуються для моніторингу обладнання та прогнозування відмов, що дозволяє оптимізувати процеси технічного обслуговування. [2]

Іншим перспективним напрямом є використання мультиагентних систем, де автономні агенти взаємодіють між собою для досягнення спільної мети. Це особливо ефективно у сфері логістики, управління транспортними потоками та енергетичними мережами. Агенти можуть самостійно ухвалювати рішення на основі аналізу локальної інформації, що підвищує гнучкість та масштабованість КФС. [3]

Метою доповіді є аналіз сучасних підходів до автоматизації прийняття рішень у кіберфізичних системах, зокрема використання штучного інтелекту, мультиагентних технологій та методів оптимізації, а також їх практичне застосування у різних галузях.

Список літератури

1. Сидоренко В.О. Кіберфізичні системи та їх застосування у промисловості. – Київ: Наукова думка, 2021. – 314 с.
2. Павленко Д.М. Інтелектуальні алгоритми для автоматизації кіберфізичних систем. – Львів: Технологічний університет, 2022. – 268 с.
3. Іванченко Г.С. Оптимізація процесів прийняття рішень у складних технічних системах. – Харків: Видавничий дім, 2023. – 256 с.

ВЕБ-ДОДАТОК ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПОСЛУГАМИ В МЕРЕЖІ БАРБЕРШОПІВ

Наумов М.О., Порошенко А.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному цифровому середовищі автоматизація бізнес-процесів є ключовим фактором успішного розвитку сервісних компаній. Барбершопи як частина індустрії краси потребують зручних та ефективних рішень для взаємодії з клієнтами, планування робочого часу працівників і обробки великої кількості записів [1].

Розробка веб-додатку дозволяє оптимізувати ці процеси, забезпечивши клієнтам інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для вибору барбера, послуги та зручного часу візиту. Система також передбачає персоналізований інтерфейс для барберів, де вони можуть встановлювати власний графік роботи, переглядати записи клієнтів та ефективно управляти навантаженням [2].

Особливістю розроблюваного додатку є чіткий поділ ролей користувачів (клієнт, барбер, адміністратор), що дозволяє забезпечити безпеку даних і контроль доступу до різних функцій. Важливою складовою є автоматизація запису клієнтів на основі заданого графіка барбера, що мінімізує ймовірність помилок та покращує якість сервісу.

Метою роботи є створення веб-додатку для управління послугами в мережі барбершопів, який дозволяє оптимізувати процес онлайн-запису, покращити комунікацію між клієнтами та працівниками та забезпечити ефективну організацію роботи.

Застосунок реалізовано із використанням фреймворку React з мовою програмування TypeScript, що забезпечує високу якість коду, кращу підтримку масштабованості та зручність розробки. Серверна частина побудована на C# із застосуванням ASP.NET Core, що забезпечує високу продуктивність, масштабованість та зручність інтеграції з реляційною базою даних. Для зберігання даних використовується MySQL — надійна СУБД, що забезпечує швидкий доступ до структурованої інформації [3].

Список літератури

1. Бойко В.І. Сучасні веб-технології: теорія та практика. — Київ: Видавничий дім "Кондор", 2020.
2. Freeman, A., Sanderson, A. Pro ASP.NET Core MVC 2. — Apress, 2017.
3. Chernyak, A. Programming TypeScript. — O'Reilly Media, 2019.

ПРОАКТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ПРОЄКТІВ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ

Доценко Н.В., Луців Я.С.

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Управління проектами відновлення інфраструктури, що постраждала через воєнні дії, відбувається в агресивному середовищі при жорстких часових та фінансових обмеженнях. Специфіка проєктів відновлення висуває додаткові безпекові та технічні обмеження, що можуть призвести до зниження ефективності управління проєктом та неможливості його реалізації. Своєчасне забезпечення ресурсами (як матеріальними, так і людськими) у визначеному обсязі та заданої якості є необхідною умовою реалізації проєктів [1]. Аналіз кадрових проблем у воєнний період, складності з бронюванням співробітників та необхідність забезпечення надійного функціонування команди висувають вимоги до реінжинірингу процесів управління людськими ресурсами.

Метою доповіді є розгляд процесів проактивного управління ресурсним забезпеченням проєктів відновлення інфраструктури.

В доповіді наводяться результати аналізу ресурсного забезпечення проєктів відновлення інфраструктури, аналізу підходів до управління проєктними ризиками, пов'язаними з ресурсним забезпеченням. Нестабільність середовища, мобілізаційні та міграційні процеси негативно впливають на ресурсний профіль проєкту, підвищують ризики, пов'язані з ресурсним забезпеченням. У мультипроєктному середовищі важливо враховувати взаємозв'язок між проєктами та взаємний вплив процесів управління, що може ускладнювати управління ризиками.

Проведено моделювання процесів проактивного управління ресурсним забезпеченням. Розглянуто особливості застосування конфігураційного управління при розробці проєктів відновлення інфраструктури. На підставі отриманих результатів розроблені рекомендації щодо трансформації процесів управління ресурсним забезпеченням проєктів відновлення інфраструктури та урахування необхідності управління критичними компетенціями.

Таким чином, застосування проактивного управління ресурсним забезпеченням відновлення інфраструктури дозволить підвищити ефективність реалізації проєктів шляхом урахування ризиків, що впливають на забезпечення ресурсами, та розробки заходів з мінімізації їх негативного впливу.

Список літератури

1. Настанова до зводу Знань з управління проєктами. Настанова РМВОК 7-е видання та стандарт з управління проєктами. 2022 [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://pmiukraine.org/pmbok7/>

МОДЕЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Федорович О.Є., Поліщук Є.В., Соловйов В.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Умови особливого стану країни призвели до необхідності створення нових виробів на існуючих промислових підприємствах. Це потребує проведення модернізації підприємства та диверсифікації його діяльності в короткий час, що пов'язано з потребами для випуску нових зразків техніки, у тому числі озброєння та боєприпасів [1]. Тому, актуальна тема доповіді, в якій представлені результати дослідження щодо моделювання заходів та дій, пов'язаних з диверсифікацією підприємства для випуску конкурентоспроможної сучасної високотехнологічної продукції [2].

Метою доповіді є розробка комплексу моделей, за допомогою яких можна аналізувати та планувати необхідні проєктні заходи та дії щодо диверсифікації існуючого виробництва, з метою випуску актуальної високотехнологічної продукції. Проведено системний аналіз можливих стратегій диверсифікації виробництва. Виявлені основні фактори, які суттєво впливають на модернізацію виробництва. Створена послідовність дій для проведення диверсифікації виробництва, яка у подальшому, моделюється. Проведена оптимізація вибору варіанту диверсифікації виробництва з урахуванням нових замовлень на продукцію підприємства та прогнозів поведінки ринку збуту. Створена оптимізаційна модель для оцінки успішності проведення заходів щодо диверсифікації виробництва, за допомогою показників часу, витрат та ризиків. Особливу увагу приділено впливу можливих загроз на процес модернізації виробництва. Створена оптимізаційна модель дослідження заходів, у часі, щодо відновлення високотехнологічного виробництва. **В доповіді** наводяться результати проведеного дослідження щодо ефективності проєктних дій по відновленню високотехнологічного виробництва. За допомогою створених нових та оригінальних моделей, оцінюються час, ризики та вартість проєктних дій. Використані математичні методи та моделі: системний аналіз стратегій відновлення виробництва, оптимізаційна модель щодо вибору варіанту модернізації підприємства, якісні оцінки експертів для лексикографічного впорядкування варіантів модернізації.

Список літератури

1. Rusinski, E., et al. Challenges and Strategies of Long-life Operation and Maintenance of Technical Objects. *FME Transactions*, 2016, vol. 44, no. 3, pp. 219-228. DOI: 10.5937/fmet1603219R.
2. Fedorovich, O., et al. Моделі та інформаційна технологія управління старінням техногенних систем в умовах сучасних ризиків. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2024, № 3. С. 175-189.

МОДЕЛЬ ВИБОРУ КОМП'ЮТЕРНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ НА ОСНОВІ ЇХ СУМІСНОСТІ

Єлізева А.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Сучасні комп'ютери стали незамінними для вирішення завдань, які для оптимальної роботи потребують значної обчислювальної потужності (наприклад, обробка відео, аудіо, 3D-графіка та анімація). Для виконання такого типу задач необхідні постійно оновлювати комп'ютерні комплектуючі, такі як материнську плату, оперативну пам'ять, відеокарту, процесор, блок живлення та накопичувач. Отже, виникає актуальна проблема вибору апаратного забезпечення комп'ютера [1], для коректного вирішення якої необхідно дотримуватися сумісності обраних комплектуючих.

Метою доповіді є обґрунтування вибору комп'ютерних комплектуючих на основі математичної моделі із застосуванням теорії нечітких чисел та множин.

В доповіді наводиться модель сумісності комп'ютерних комплектуючих на основі нечітких множин. Пропонується подати кожного представника кожного виду комп'ютерних комплектуючих у виді набору його технічних характеристик. На основі інформації щодо сумісності комплектуючих та їх технічних характеристик отримаємо множини лінгвістичних змінних для кожного виду комплектуючих.

Елементи отриманих множин використовуються в системі правил нечіткої продукції [2, 3]. В результаті будуть отримані складні висловлювання з використанням логічних операцій. Запропонована модель може бути корисною для користувачів, які бажають самостійно оновити апаратне забезпечення комп'ютера, а також може бути використана для задач прийняття рішень з вибору найбільш переважних варіантів із заданої множини.

Список літератури

1. Djuraskovic O. How Many Websites Are There? – The Growth of The (1990 – 2021) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://firstsiteguide.com/how-many-websites/#:~:text=There%20are%20currently%20over%201.84,number%20are%20actually%20active%20sites>.
2. Прохорова О. М. Моделі і методи нечіткої логіки: навч. посіб. / О. М. Прохорова, Н. В. Кальчук; Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Є. Жуковського “ХАІ”. – Х., 2021. – 166 с.
3. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень: навч. посіб. / Т.А. Желдак, Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус, за редакцією С.А. Ус ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 387 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЄКТНИХ РОБІТ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБІВ

Федорович О.Є., Малєєв Л.В., Федорович В.А.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Існує проблема використання високотехнологічних виробів (ВВ) в мінливих умовах теперішнього середовища [1]. Виникають нові вимоги та характеристики до використання, що потребує відновлення або модернізації високотехнологічної техніки. Це особливо важливо для військової техніки, яка використовується в умовах сучасної гібридної війни. Тому, актуальна тема доповіді, в якій представлені результати дослідження щодо моделювання та планування проєктів модернізації та відновлення ВВ, що сприяє їх ефективному використанню в умовах особливого стану країни [2].

Метою доповіді є розробка комплексу моделей, які дозволяють планувати проєктні роботи щодо модернізації ВВ, для ефективного використання в сучасних умовах експлуатації. Аналізується множина існуючих виробів з ціллю виявлення найбільш близького до модернізації. Вибір підходящого варіанту, в проєкті модернізації, здійснюється за допомогою якісних оцінок експертів (у формі значень лінгвістичних змінних) та лексикографічного впорядковування варіантів. Формування нової (модернізованої) архітектури виробу здійснюється за допомогою методу компонентного проєктування. Виділені компоненти, які використовуються повторно (існують у минулих проєктах) та нові компоненти, які відповідають зміненню функціоналу виробу для сучасних потреб застосування. Нові (інноваційні) компоненти мають можливість впливу на ризики, час та вартість проєкту модернізації. Проведена оптимізація складу компонент ВВ для пошуку компромісу між «новими» та «старими» компонентами у складі. **В доповіді** наводяться результати аналізу послідовності проєктних дій щодо модернізації ВВ з використанням оптимізаційної та імітаційної моделей. Наукова новизна дослідження пов'язана зі створенням нових та оригінальних моделей, які дозволяють планувати проєктні дії щодо модернізації ВВ, для його використання в сучасних умовах експлуатації. Використані математичні методи та моделі: системний аналіз, якісні оцінки експертів, оптимізаційні моделі, імітаційне моделювання.

Список літератури

1. Rusinski, E., et al. Challenges and Strategies of Long-life Operation and Maintenance of Technical Objects. *FME Transactions*, 2016, vol. 44, no. 3, pp. 219-228. DOI: 10.5937/fmet1603219R.
2. Fedorovich, O., et al. Моделі та інформаційна технологія управління старінням техногенних систем в умовах сучасних ризиків. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2024, № 3. С. 175-189.

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ SaaS-СИСТЕМ

Макаренко Т.С., Лещенко Ю.О.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Інформаційні SaaS-системи (Software as a Service) останнім часом активно використовуються у різних сферах бізнесу, освіти та адміністрування [1]. Для покращення їх ефективності важливо розуміти поведінкові закономірності користувачів, що дозволяє оптимізувати інтерфейс, підвищити конверсію та запобігти відтоку клієнтів.

Метою доповіді є розробка моделей та методів для аналізу поведінки користувачів SaaS-систем на основі даних про їхню активність та взаємодію з сервісами.

Був проведений аналіз існуючих моделей та методів дослідження поведінки користувачів SaaS систем, що включає вивчення сучасних підходів до моделювання поведінки користувачів та оцінку ефективності різних методів збору та аналізу даних.

Для виконання досліджень у роботі використовуються методи машинного навчання, нейромережеві алгоритми, кластерний аналіз та когортний аналіз для сегментації користувачів і виявлення закономірностей у їх поведінці [2, 3].

В результаті були розроблені моделі та методи, які дозволяють аналізувати поведінку користувачів SaaS-систем у реальному часі, прогнозувати їхні дії та надавати рекомендації для покращення взаємодії. Дослідження виявило ключові фактори, що впливають на відтік користувачів, а також оптимальні стратегії персоналізації сервісів.

Використання запропонованих моделей та методів сприяє підвищенню ефективності SaaS-систем, зниженню витрат на утримання клієнтів та покращенню загальної якості користувацького досвіду.

Список літератури

1. Michon, R. (2017). The Complete Guide to Software as a Service: Everything You Need to Know About SaaS, 230 p.
2. Serra-Burriel, M., Ames, C. (2022). Machine Learning-Based Clustering Analysis: Foundational Concepts, Methods, and Applications. In: Staartjes, V.E., Regli, L., Serra, C. (eds) Machine Learning in Clinical Neuroscience. Acta Neurochirurgica Supplement, vol 134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85292-4_12.
3. Dawei Jiang, Qingchao Cai, Gang Chen, Jagadish, H. V., Beng Chin Ooi, Kian-Lee Tan, Anthony K. H. Tung Cohort Query Processing. Proceedings of the VLDB Endowment, Vol. 10, No. 1, October 2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vldb.org/pvldb/vol10/p1-ooi.pdf>.

ЗАСТОСУВАННЯ РОІВ ДРОНІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Швець Ф.С., Лещенко Ю.О.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Сучасні виклики в аграрному секторі пов'язані зі змінами клімату, зростанням витрат на ресурси та необхідністю підвищення продуктивності вимагають впровадження новітніх технологій. Одним із перспективних напрямів є використання рою дронів – множини автономних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які здатні до координації дій у режимі реального часу. В умовах цифровізації сільського господарства дана технологія дає змогу виконувати широкий спектр агровиробничих задач з мінімальним людським втручанням [1, 2].

Метою доповіді є створення інтелектуальної моделі керування роєм БПЛА для виконання операцій з моніторингу, обприскування, картографування та аналізу стану сільськогосподарських угідь.

Проведено аналіз основних сценаріїв застосування рою дронів у сільському господарстві: моніторинг полів; побудова NDVI-карт; виявлення зон посухи, хвороб та шкідників; точкове обприскування засобами захисту рослин; координація з наземними автономними системами в рамках інтегрованих платформ.

Розглянуто децентралізовану архітектуру рою з використанням мультиагентного підходу, що дозволяє кожному дрону автономно приймати рішення, синхронізуючи дії з іншими агентами через локальні канали зв'язку. Така модель забезпечує стійкість до втрати окремих елементів і гнучке масштабування системи. Проведено моделювання маршрутизації дронів із використанням алгоритмів роїння.

Під час роботи були використані: алгоритми роїння, машинне навчання, мультиагентне моделювання, методи кластеризації та маршрутизації.

Використання рою дронів у сільському господарстві дозволяє підвищити ефективність агровиробництва, знизити витрати добрив та пестицидів, оптимізувати агротехнічні заходи й забезпечити екологічно стійкий розвиток галузі.

Список літератури

1. Tsouros, D.C.; Bibi, S.; Sarigiannidis, P.G. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. Information 2019, 10, 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>.
2. Zhang, C., Kovacs, J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agric 13, 693–712 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.

OPTIMIZATION OF ARTILLERY FIRE CONTROL SYSTEM USING UAV

Suleymanov S.S., Bayramov A.A., Abdullayev F.N.
Republican Seismic Survey Center, Baku, Azerbaijan

The main advantage of an unmanned artillery fire control system operating using UAVs with AI is the fastest possible decision-making without human factor based on a flexible assessment of the environment (situation), the type of enemy weapons and the category of their importance, as well as the distance to enemy military installations. As can be seen from the analysis of the problems of automating artillery fire control [1-7], the development of existing and future automated control systems at the tactical level is almost always carried out in conditions of a limited number of artillery systems. Therefore, as the first objective function of the problem of optimal synthesis of an automated workstation for the commander of an artillery battery (brigade, division), it is proposed to use the total firepower P_0 of its components. This optimization problem is proposed to be solved using the objective function. **The purpose of the report** is to present the results of the developing a complex for remote control of unmanned artillery fire, developed using UAVs with artificial intelligence. The developed unmanned system includes sensor modules for assessing the environment, collecting and processing data, planning and decision-making, and preparing commands for the commander of an artillery battery, battalion, division or brigade. To solve the problem of optimal synthesis of an automated workstation for an artillery battery commander, it was proposed to use the total firepower of its components as an objective function. A mathematical model was proposed for the optimal use of artillery installations and shells to destroy enemy targets using UAVs.

References

1. Bartulović V., Trzun Z., and Hoić M. "Use of Unmanned Aerial Vehicles in Support of Artillery Operations". *Strategos*, vol. 7 no. 1, pp.71-92, 2023. e-ISSN 2459-8917
2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
3. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:"National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3 (7). – С. 14-24.
4. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
5. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119
6. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 74-80
7. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31

A 4D COMBINED BOUNDARY PROBLEM FOR LOADING-TYPE BIANCHI HYPERBOLIC EQUATIONS WITH NON-SMOOTH COEFFICIENTS

Mamedov İ., Abdullayeva A., Gasanov A., Huseynov A.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This paper addresses a four-dimensional (4D) combined boundary value problem for a loading-type Bianchi hyperbolic equation with non-smooth coefficients.

The problem is formulated with non-classical boundary conditions of a unique structure—three-dimensional (3D) conditions in the middle and one-dimensional (1D) conditions in the geometrical middle—which notably do not require compatibility (matching) conditions. It is substantiated that these non-classical conditions are equivalent to classical 4D boundary conditions when solutions are considered in isotropic Sobolev spaces.

The studied equation generalizes numerous classical and model equations of mathematical physics, such as the Laplace, telegraph, and string vibration equations, along with their 3D and 4D analogues, including wave and Bianchi-type systems.

The presence of non-smooth coefficients complicates the application of classical methods, as no formal adjoint equation exists.

Consequently, standard tools like integration by parts and Riemann function methods are inapplicable.

The research emphasizes the importance of this class of problems in modeling real-world processes such as fluid filtration in fractured media, moisture migration in soils, thermal neutron diffusion, and complex biological phenomena. By substantiating the equivalence of classical and non-classical combined boundary conditions in a fourth-order setting, the paper contributes to the theory of hyperbolic equations and their applications in applied mathematics and physics.

References

1. Colton D. Pseudoparabolic equations in one space variable. J. Different. equations, 1972, vol.12, No3, pp.559-565.
2. Soldatov A.P., Shkhanukov M.Kh. "Boundary value problems with A.A.Samarsky general nonlocal condition for higher order pseudoparabolic equations", Dokl. AN SSSR, 1987, vol.297, No 3. pp.547-552
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Gasanov, A.Q. Mathematical modeling of military systems. Textbook. -Baku: Military publishing house, -2018. -266 p.
4. Valehov S.N., Hashimov E.G. Fundamentals of mathematical programming // - Baku: Military Publishing House, 2017, 144 p.
5. Бондаренко Б.А. Базисные системы полиномиальных и квазиполиномиальных решений уравнений в частных производных. – Ташкент: Фан, 1987. – 146 с.

ALGORITHMIC CONTROL OF UAV SWARMS IN ROUTE-BASED TACTICAL OPERATIONS

Sabziev E.N., Pashayev A.B., Hashimov E.G.
Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

In modern warfare, the tactical application of unmanned aerial vehicle (UAV) swarms has emerged as a promising approach to enhance mission success rates, especially in environments that pose high risks for personnel. This study focuses on the operational principles involved in managing the coordinated flight of military UAV swarms toward designated mission zones. Specifically, it investigates the planning and execution of UAV swarm navigation along predefined routes marked by geographic coordinates and specified flight altitudes.

Key aspects addressed in the study include: the design of flight paths using natural terrain features such as valleys and riverbeds to ensure stealthy and secure approach; the avoidance of obstacles and mid-air collisions through the maintenance of safe distances between UAVs; the preloading of critical mission parameters—such as obstacle maps, expected target coordinates, average and maximum speeds—into each UAV; and the initiation of autonomous flight by a central operator command.

The findings emphasize that effective UAV swarm coordination requires the integration of real-time environmental data with adaptive flight path algorithms to ensure mission safety, stealth, and synchronization. The paper offers insight into how such systems can be further developed for efficient battlefield deployment and operational reliability.

References

1. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
2. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
3. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
4. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.

OPTIMIZATION OF A SEISMOACOUSTIC GROUND TARGET DETECTION METHOD

Hashimov E.G.

Azerbaijan Technical Universiteit, Baku, Azerbaijan

This study presents the results of experimental testing of a novel seismoacoustic detection method designed to identify and localize moving ground targets under varying terrain conditions. Field trials were conducted across mountainous, forested, and flat terrains to evaluate the system's accuracy and resilience against environmental noise and signal distortions [1–3]. The experiments utilized triangularly arranged 3D piezoelectric sensors to detect low-frequency seismic signals generated by different armored vehicles. Sensor spacing varied between 50–200 meters to assess performance across different wave propagation ranges. Real-time signal processing included noise filtering, spectral analysis, and target classification through comparison with a reference signal database. The average localization error ranged between ± 2 –5 meters, with greater deviations observed in windy and rainy conditions due to increased ambient noise. Advanced filtering techniques partially mitigated these issues. Terrain complexity also influenced signal trajectory, necessitating optimized sensor placement and modeling of wave paths for accurate interpretation. Mathematical modeling was employed to analyze direction and distance estimation errors, revealing that sensor geometry, inter-sensor distances, and angular deviations significantly affect accuracy. Optimization strategies included improved sensor placement (triangular/polygonal configurations), automated noise filtering, 3D terrain modeling, and refined angle-based range estimation algorithms.

Overall, the proposed method demonstrated reliable detection capabilities in challenging environments. The study concludes with recommendations for enhancing accuracy through better sensor sensitivity, more extensive field validation, and integration of high-performance, real-time processing systems. These results confirm the practical applicability of the method and lay the groundwork for further development of intelligent battlefield detection solutions.

References

1. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.
2. Hashimov E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku:National Security and Military Sciences. – 2015. – T. 1. – №. 1. – C. 128-132.
3. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3,№ 2. – C. 10-13.
4. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology //Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126

MORPHOLOGY OF II \leftrightarrow III TRANSFORMATIONS IN THE MONOCRYSTAL $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$

Bayramli R.B.

Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

Nasirov E.V.

Military Institute named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

Bayramli U.F.

Baku Military College, Baku, Azerbaijan

Nasirov V.İ.

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Monocrystals of $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ were grown by an isothermal crystallization method, from an aqueous solution, and the growth morphology of crystals of III and II modifications during transformations II \leftrightarrow III was studied. It is established that the structural transformations in the crystal under investigation are enantiotropic and the equilibrium temperature between modifications II and III is $T = 455 \pm 0,5$ K. Monocrystal $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ were obtained from an aqueous solution at room temperature by isothermal crystallization. For the perfection and chemical purity of the obtained crystals, potassium nitrate of analytical grade and rubidium nitrate of chemical grade were subjected to additional purification by multiple crystallization. As a result, well-faceted crystals with an average size of $1 \times 0,5 \times 10$ mm and variety of external shapes were obtained. The resulting crystals were mainly needle-shaped, extending along the crystallographic direction [1].

Using a МИН-8 optical polarizing microscope equipped with a special heater, morphological studies were carried out, that is, visual observation of the crystal growth during polymorphic transformations [1]. These observations were carried out using a "Levenhuk C310 NK" film camera and recorded by a computer. The crystal temperature was measured with a thermocouple, whose tip was directly touched the surface of the sample. The accuracy of temperature measurement at $100^\circ C$ reached ± 0.5 . First, we determined the equilibrium temperature between modifications II and III, which is equal to $T_0 = (455 \pm 0,5)$ K. Observations in an optical polarizing microscope show that II \rightarrow III polymorphic transformation occurs in the studied crystal at the temperature $T_{tr} > T_0$. Here, T_{tr} is the transformation temperature and T_0 is the phase equilibrium temperature. The temperature difference $\Delta T = T_{tr} - T_0$ that we determined [2,3], depends on the perfection and on the prehistory of the matrix monocrystal. The maximum deviation from the equilibrium temperature between modifications II and III is $\Delta T \sim 2$ K. Thus, it has been experimentally established that in $K_{0.945}Rb_{0.055}NO_3$ crystals, polymorphic transformations are enantiotropic in nature, and the growth of crystals of modifications III and II during II-III transformations occurs with the formation and growth of nuclei of the daughter modification within the matrix.

It is also determined that there is no intermediate modification between III and II modifications. The rhythmic growth that is found in potassium nitrate

crystals during the II \rightarrow III transformation [4] is not detected in this case. Polymorphic transformations occur according to the monocrystal \leftrightarrow monocrystal type. Partial replacement of K^+ ions by Rb^+ ions increase the equilibrium temperature between modifications II and III by about 55 K.

References

1. Nasirov V.I. // Polymorphism in optically transparent crystals. 1997. Baku. C. 166.
2. Asadov Yu.G., Nasirov V.I., Jabrailova G.A. // J. Cryst. Growth. 1972. V. 15. P. 45.
3. Haziyeva A.F., Nasirov V.I., Asadov Y.G., Aliyev Y.I. and Jabarov S.H. // Semiconductors. 2018. V. 52. P. 713.
4. Nasirov V.I., Bairamov R.B., Nasirov E.V. // J.Phys.BEU. 2017. V.1.P. 186.

NON-CLASSICAL BOUNDARY VALUE FORMULATION FOR 4D BIANCHI-TYPE HYPERBOLIC EQUATIONS WITH IRREGULAR COEFFICIENTS

Abdullayeva A., Mamedov İ., Huseynov A., Gasanov A.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This paper investigates a four-dimensional (4D) combined boundary value problem for a loading-type Bianchi hyperbolic equation with non-smooth coefficients. The problem is formulated using non-classical boundary conditions of the 3D-in-the-geometrical-middle and 1D-in-the-middle type, which do not require matching conditions. It is proven that these non-classical boundary conditions are equivalent to classical four-dimensional conditions when the solution is considered in the isotropic Sobolev space. The hyperbolic Bianchi equation discussed generalizes several well-known equations of mathematical physics, including the Laplace, telegraph, and wave equations, as well as their 3D and 4D counterparts. The novelty lies in addressing the problem within the framework of non-smooth coefficients, where classical techniques, such as integration by parts and the use of Riemann functions, are not applicable due to the lack of a formally adjoint operator. The relevance of this study is supported by real-world applications such as fluid filtration in fractured media, moisture and heat transfer in heterogeneous environments, and biological process modeling. The results contribute to the theory of partial differential equations and provide theoretical foundations for solving complex applied problems where classical assumptions on smoothness are not valid.

References

1. Colton D. Pseudoparabolic equations in one space variable. J. Different. equations, 1972, vol.12, No3, pp.559-565.
2. Soldatov A.P., Shkhanukov M.Kh. "Boundary value problems with A.A.Samarsky general nonlocal condition for higher order pseudoparabolic equations", Dokl. AN SSSR, 1987, vol.297, No 3. pp.547-552 .
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Gasanov, A.Q. Mathematical modeling of military systems. Textbook. -Baku: Military publishing house, -2018. -266 p.

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПСИХОЛОГІЧНИЙ СТАН ЛЮДИНИ

Тютюнник О.О., Носань Ю.В.

Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Харків, Україна

Сучасні умови діяльності людини характеризуються високим рівнем стресу, інформаційним перевантаженням та необхідністю прийняття важливих рішень в умовах обмеженої інформації. Це особливо актуально для сфер, що передбачають відповідальність за життя, здоров'я або суспільний добробут. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні інформаційних технологій для моніторингу психологічного стану людини на основі аналізу її вегетативних показників за умов невизначеності.

Метою доповіді є розробка інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо психологічного стану людини.

В доповіді розроблено процес прийняття ефективних рішень у цій сфері передбачає реалізацію декількох етапів. Етап 1: Збір даних. Джерела даних: вегетативні показники (артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, частота дихання тощо); суб'єктивні оцінки стану (анкети, опитування, психологічні тести); додаткові фактори (вік, стать, умови середовища, рівень фізичної активності). Етап 2: Обробка даних. Попередня обробка: фільтрація шумів у даних; нормалізація показників (зведення до єдиної шкали). Аналіз невизначеності: використання нечіткої логіки для обробки нечітких або неповних даних; створення функцій належності для вхідних параметрів (наприклад, «низький рівень стресу», «високий рівень тривожності»). Етап 3: Моделювання. Багатофакторний аналіз: встановлення статистичних взаємозв'язків між вегетативними показниками та психологічним станом. Моделі машинного навчання: класифікація стану (нормальний, стресовий, критичний); прогнозування змін психологічного стану залежно від вхідних даних. Інтеграція результатів: об'єднання даних із різних джерел для формування цілісної картини стану. Етап 4: Прийняття рішення. Аналіз результатів моделювання: інтерпретація стану людини за рівнями. Рекомендації: оперативні дії (відпочинок, дихальні вправи, медична допомога); довгострокові рекомендації (зміна режиму праці, психотерапія, фізична активність). Етап 5: Моніторинг у реальному часі. Оновлення даних: постійний збір нових показників через сенсори; аналіз змін у психологічному стані. Адаптація системи: коригування моделей на основі нових даних; поліпшення точності прогнозів через самонавчання системи. Етап 6: Звітування та інтеграція. Формування звіту: візуалізація результатів (графіки, діаграми); звіт про стан людини для лікарів, керівників або самого користувача. Інтеграція з іншими системами: передача даних до медичних систем або служб підтримки (наприклад, психологів).

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ІОТ-МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Переметчик Д.О., Тютюник О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Розвиток безпілотних літальних апаратів (дронів) відкриває широкі можливості для їхнього використання, але також створює нові загрози, особливо у сфері їх виявлення [1]. Для ефективного виявлення дронів використовуються розподілені IoT-мережі, що складаються з численних сенсорних пристроїв, здатних збирати та аналізувати дані про повітряний простір. Однак однією з ключових проблем таких систем є необхідність забезпечення високої точності виявлення при мінімальному енергоспоживанні. Постійне функціонування всіх сенсорів у мережі призводить до значних витрат енергії, що зменшує тривалість автономної роботи пристроїв і підвищує вимоги до їхньої підтримки.

Метою доповіді є дослідження методів оптимізації розподілених IoT-мереж для виявлення дронів з урахуванням балансу між енергоефективністю та точністю виявлення. Основними завданнями є аналіз основних проблем, що виникають при розгортанні таких мереж, вивчення підходів до зниження енергоспоживання без втрати якості моніторингу та оцінка ефективності різних методів керування ресурсами IoT-пристроїв.

Оптимізація розподіленої IoT-мережі повинна забезпечувати:

- максимальне покриття повітряного простору;
- мінімізацію енергоспоживання сенсорних вузлів;
- швидке реагування на загрози;
- захист від хибних спрацювань (false positives);
- гнучку маршрутизацію та обробку даних у реальному часі.

Одним із методів оптимізації є використання енергоефективних протоколів зв'язку, таких як LPWAN, LoRa та Zigbee, що дозволяють зменшити витрати енергії на передачу даних. Додатково важливу роль відіграє адаптивне керування активністю сенсорів, при якому вони працюють не в постійному режимі, а активуються лише при виявленні підозрілих об'єктів. Це дозволяє значно скоротити споживання енергії без зниження ефективності роботи системи. Використання периферійних обчислень забезпечує обробку даних безпосередньо на пристроях, що зменшує навантаження на центральні сервери. Гібридні системи моніторингу, які комбінують різні типи сенсорів, підвищують енергоефективність та точність виявлення. Впровадження інтелектуальних алгоритмів, зокрема методів машинного навчання, дозволяє зменшити кількість хибних спрацювань і підвищити загальну ефективність системи.

Енергоефективність мережі IoT можна оцінити через середнє споживання енергії на один сенсор, яке визначається формулою [2]:

$$E_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i \times T_i,$$

де N – загальна кількість сенсорів у мережі, P_i – потужність споживання i -го сенсора, T_i – час активної роботи i -го сенсора.

Зниження E_{avg} можливе шляхом адаптивного керування активністю сенсорів, коли вони активуються лише при виявленні підозрілих об'єктів.

Точність виявлення дронів залежить від параметрів сенсорної мережі та алгоритмів обробки даних. Одним із критеріїв ефективності є ймовірність правильного виявлення (True Positive Rate, TPR):

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN},$$

де: TP – кількість правильно виявлених дронів, FN – кількість пропущених дронів.

Для мінімізації хибних спрацьовувань (False Positive Rate, FPR) використовується співвідношення:

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN},$$

де: FP – кількість хибних спрацьовувань, TN – кількість випадків коректного невиявлення об'єкта.

Оптимальне налаштування порогових значень сенсорів та алгоритмів обробки даних дозволяє досягти найкращого співвідношення.

Оптимізація розподілених IoT-мереж для виявлення дронів є багатофакторним завданням, що вимагає збалансованого підходу до енергоспоживання та точності виявлення. Запропоновані методи дозволяють значно покращити ефективність системи, забезпечуючи високу надійність при мінімальному споживанні енергії. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів керування мережею та розробку більш адаптивних моделей виявлення.

Оптимізація розподілених IoT-мереж для виявлення БПЛА є стратегічним напрямом, який об'єднує сенсорні технології, телекомунікації та штучний інтелект. Це дозволяє створити ефективну, адаптивну і безпечну систему повітряного моніторингу як для цивільного, так і для оборонного застосування.

Список літератури

1. Drone Development from Concept to Flight: Design, assemble, and discover the applications of unmanned aerial vehicles. Smit Sgarma С. 99–108.
2. Build a Drone: A Step-by-Step Guide to Designing, Constructing, and Flying Your Very Own Drone. Barry Davies 2016 С. 84–93.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТА СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Малюга А.І.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Необхідність удосконалення спеціальних тренажерів для підготовки водіїв, з метою підвищення ефективності процесу набуття майбутніми водіями відповідних навичок, в Україні є особливо актуальною, оскільки існує необхідність якнайскорішої підготовки значної кількості військовослужбовців управлінню транспортними засобами, що мають низку особливостей (правостороннє розташування керма, та ін.) [1]. У переважній більшості випадків, функціонування таких тренажерів, у частині технічної діагностики поточного стану вузлів та агрегатів автомобіля, для закріплення навичок правильної експлуатації транспортного засобу, базується на принципах імітаційного моделювання. Разом з тим, для відпрацювання майбутніми водіями раціональних рішень щодо поведінки в умовах складних дорожніх ситуацій, зокрема, розпізнавання різного роду перешкод, у тренажерах застосовуються штучні нейронні мережі (ШНМ). При цьому ефективність функціонування тренажера і, відповідно, процесу навчання, безпосереднім чином пов'язана із здатністю ШНМ правильно розпізнавати якомога більше перешкод на шляху транспортного засобу. Зазначена обставина, у свою чергу, обумовлює потрібність у порівняно довгому періоді часу на навчання відповідної ШНМ.

У доповіді розглянуто низку питань, які стосуються оптимізації навчання ШНМ, зокрема визначенню параметрів в алгоритмах оцінювання Качмажа та Нагумо-Ноді [2]. Наведено рекомендації щодо підбору параметрів релаксації та регуляризації для пришвидшення процесу навчання ШНМ.

Список літератури

1. Дуфанець І.Б., Зеленюх О.М., Тимко А.М., Канчуга М.К. Компоненти методичної системи практичного курсу водія автомобільної техніки. Інноваційна педагогіка. 2023. Вип. 56. Т. 1. С. 64-70.
2. Rudenko O., Bezsonov O., Lebediev O., Lebediev V., Olijnyk K. Studying the properties of a robust algorithm for identifying linear objects, which minimizes a combined functional. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020. - №4/4 (106). – P. 37-46.

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ЗАНЯТЬ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ситнік О.О., Вдовітченко О.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Диспетчеризація навчальних занять у закладах вищої освіти (ЗВО) є ключовою складовою ефективного управління освітнім процесом. Вона включає планування розкладу, координацію ресурсів та контроль за виконанням навчальних планів [1]. Однак, практика використання спеціалізованих комп'ютерних систем для вирішення задач диспетчеризації, надала змогу виявити ряд проблем технічного, організаційного та методологічного характеру, які суттєво впливають на ефективність реалізації навчального процесу [2]. Зокрема, у таких системах, реалізація завдань, що пов'язані із автоматизованим синтезом розкладу занять, зазвичай базується на застосуванні аналітичних моделей. Разом з тим, аналітичні моделі мають ряд суттєвих недоліків, що полягають, насамперед, у проблематичності відтворення лінгвістичного та нечіткого характеру даних, а також існуючих обмежень на розмірність об'єктів моделювання.

У доповіді наведено результати критичного огляду існуючих систем диспетчеризації навчальних занять у ЗВО, та запропоновано узагальнену концепцію створення, розгортання й експлуатації таких систем. Концепція базується на підтримуванні єдиного інформаційного простору, централізованій структурі даних, застосуванні низки алгоритмів оптимізації та інтеграції системи з іншими сервісами, що дозволить значно покращити якість процесу диспетчеризації навчальних занять, зокрема, за рахунок зменшення часових витрат співробітників і адміністрації ЗВО, та підвищити ефективність освітнього процесу в цілому [3]. Подальші дослідження передбачають розроблення дослідного прототипу такої системи, та його тестування у реальних умовах.

Список літератури

1. Закон України "Про вищу освіту". Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
2. Kovalchuk, V. "Optimization methods in university scheduling." Journal of Higher Education Management, 2022.
3. Smith, J. "Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities." AI & Education Journal, 2021.

ПРОЦЕДУРА СИНТЕЗУ МОДЕЛІ ЗНАНЬ ПРО ЧАСОВІ ЗАЛЕЖНОСТІ, ЩО МАЮТЬ МІСЦЕ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Феоктистов С.О.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

В сучасному світі ефективність бізнес процесів на регіональному, національному та, загалом, на світовому рівнях, великою мірою залежить від якості організації транспортних логістичних систем. Типовим об'єктом тут виступає повний ланцюг постачання (ПЛП), що являє собою складну соціо-економічну систему, від якості функціонування якої, по кінцевому рахунку, залежить ефективність організації транспортної логістики в цілому. За своєю природою, ПЛП є складною стохастичною системою, для функціонування якої характерні такі особливості: порівняно велика кількість незалежних учасників бізнес процесів; важко формалізуємий характер взаємодії між учасниками ПЛП, які часто є конкурентами; висока динаміка змін у середині системи; нестаціонарність більшості процесів, що мають місце при функціонуванні ПЛП.

Зазначені обставини визначають недостатню ефективність існуючих засобів інформаційної підтримки ПЛП, та обумовлюють необхідність їх модернізації за рахунок розширення концепції SCM (управління ланцюгами постачання), шляхом доповнення знання орієнтованими методами, для досягнення кон'юнктивного консенсусу поміж учасниками ПЛП.

Доповідь присвячена питанням підвищення ефективності функціонування ПЛП, шляхом розробки спеціальних методичних засобів, а на цій основі – прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо формування точно в строк на термінальних ділянках ланцюга необхідних обсягів вантажів [1]. Описано нечітку сіткову модель ПЛП у формі ієрархічної дворівневої вкладеної сітки Петрі (ВСП). Верхній рівень ВСП відтворює процес функціонування фокусної компанії як центрального елемента ПЛП, а кожен з компонентів нижнього рівню сіткової моделі являє собою елементарну сітку Петрі, що відображає логістичні процеси безпосереднього переміщення вантажів. Подано опис процедури створення нечіткої сіткової моделі представлення інформації про бізнес процеси, які мають місце в процесі функціонування ПЛП, з урахуванням існуючих часових і ресурсних обмежень, у формі ВСП, що розширена шляхом темпоральних тверджень. Викладені спеціальні методи автоматизації процесів формування рішень щодо сталого функціонування ПЛП, а саме обґрунтування вибору виду транспорту та раціонального маршруту доставки.

Побудова моделі явного представлення часу при функціонуванні ПЛП передбачає послідовну реалізацію низки етапів [2].

На першому етапі синтезу моделі знань з урахуванням часових залежностей, в якості базових примітивів доцільне використання моментів, та (або) інтервалів часу. При цьому, для позначення моментів часу та інтервалів використовуються константи (хвилини, години, дні, дати, і т. ін.), а також примітиви «тривалість», які відповідають відстаням між моментами часу.

Другий етап: елементарні функції будуються на основі базових відносин і є їх функціональною версією, оскільки функції надають змогу здійснювати перетворення між часовими примітивами.

На третьому етапі синтезу моделі необхідно, при формуванні множини примітивів часу, задати зв'язок між ними у вигляді відповідних аксіом, враховуючи властивості (дискретність/неперервність) часу, характерні для конкретних елементів ПЛП.

Четвертий етап синтезу моделі базується на стандартних засобах темпоральної логіки.

П'ятий етап синтезу моделі часових залежностей передбачає зв'язування логічних тверджень з часом, передбачає використання підходів, які мають достатню виразність.

На останньому, шостому етапі, формується множина базових часових тверджень, а також визначаються їх властивості за допомогою множини аксіом.

Викладена у доповіді процедура синтезу моделі знань про часові залежності, що мають місце при функціонуванні ПЛП, у ході подальших досліджень стане однією зі стадій етапу подання знань, у прикладній інтелектуальній інформаційній технології розроблення динамічної експертної системи, щодо раціональної організації вантажоперевезень для широкого класу систем транспортної логістики.

Список літератури

1. Shostak I. Ensuring the security of the full logistics supply chain based on the blockchain technology / I. Shostak, Y. Rahimi, M. Danova, O. Feoktystova, O. Melnyk // 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI. CEUR Workshop Proceedings, 2019. – Volume 2393. – P. 655-663.
2. Approach to Intellectualization of Complete Supply Chain Management Processes Using Fuzzy Expert Systems / Romanenkov Yu. A., Yashar Rahimi, Danova Mariia, Feoktystova Olena, Shostak I.V. // Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management, Viold Limited Liability Company, №5, 2021. P.26-39.

ШЛЯХИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПІДТРИМУВАННЯ ІНІЦІАЦІЇ ПЕРЕМОВИН ЩОДО КООПЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Шостак І.В., Феоктистова О.І.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Виробництво таких високотехнологічних об'єктів, якими є безпілотні літальні апарати (БПЛА) неодмінно передбачає кооперацію, тобто організацію у просторі і часі процесів виготовлення та постачання матеріалів, деталей, вузлів, агрегатів та інших виробів, що технологічно пов'язані і необхідні для повного циклу виробництва БПЛА. У доповіді розглянуто особливості проведення першої стадії (ініціації) перемовин щодо організації коопераційного виробництва (ПКВ) БПЛА. Показано, що на цій стадії має місце неприпустимо високий рівень ризиків, зумовлений, з одного боку, ймовірністю значних фінансових втрат у ході реалізації проекту, а з іншого – втрати потенційного кооперанту (кооперантів), у разі недосягнення консенсусу між учасниками перемовин. Наведено критичний огляд існуючих комп'ютеризованих систем підтримки перемовин. Виходячи зі специфіки предметної галузі, зроблено висновок про необхідність розробки проблемно-орієнтованих методичних засобів, а на їх основі – спеціалізованої програмної системи підтримки прийняття рішень (СППР) переговорників під час ініціації проектів коопераційного виробництва БПЛА.

Проблема недостатньої ефективності переговорного процесу на етапі ініціації проектів коопераційного виробництва БПЛА виникає внаслідок, у тому числі, і відсутності спеціалізованих комп'ютерних засобів інформаційної підтримки, які при формуванні відповідних рішень надавали б можливість урахування специфіки як самого етапу ініціації проекту, так і предметної галузі «Коопераційне виробництво БПЛА».

Вирішення зазначеної проблеми шляхом створення та застосування ефективних засобів інформаційної підтримки перемовин про коопераційне виробництво на початковому етапі (ініціації) забезпечить економію фінансів по-перше, за рахунок скорочення термінів перемовин, а по-друге, внаслідок зниження ймовірності прийняття нерациональних рішень, що призводять до додаткових витрат у ході реалізації проекту коопераційного виробництва БПЛА [1].

З позицій ситуаційного аналізу [2], ПКВ являє собою процес обміну думками з метою досягнення угоди щодо взаємовигідного співробітництва. У ситуаційному аналізі прийнято відносити предмет перемовин, його учасників, їх позиції та дії до об'єктивних характеристик,

а мотиви, цілі, переваги, думки, оцінки та аргументи сторін – до суб'єктивних.

Головною відмінністю ПКВ від інших видів перемовин є наявність не менше двох сторін, що беруть участь, з частково неспівпадаючими цілями, інтересами, думками та намірами. Ця часткова розбіжність є, по суті, конфліктом.

Інша особливість процесу ПКВ полягає у тому, що він відбувається у доволі складному, динамічному середовищі, що перешкоджає як створенню детермінованого опису всього процесу, так і розробці локальних моделей перемовин.

До того ж характеристики середовища, що трансформується, нестійкі і вельми залежать від дій агентів-учасників. Друга із зазначених особливостей визначає доцільність застосування під час аналізу ПКВ інструментарію конфліктного менеджменту.

Відповідно до схеми Томаса-Кіллменна [3], із п'яти відомих стилів ведення перемовин, для ПКВ характерні три: співпраці; пристосування; гібридного компромісу.

Зазначені стилі організації ПКВ органічно поєднуються з підходом, у якому учасники перемовин сприймаються як соціальні агенти, які мають відповідні поведінкові характеристики.

Застосування такого підходу під час створення комп'ютерних засобів інформаційної підтримки ПКВ надасть можливість безпосереднього використання у процесі конструювання систем підтримки прийняття рішень (СППР) учасниками переговорного процесу, великого інструментарію, накопиченого у програмній інженерії у період становлення та розвитку агентної парадигми [4].

Список літератури

1. Whitty, S.J. and Schulz, V.F. The PM BOK CODE . – 20-th IPMA World Congress on Project Management, 1, P. 466-472, 2006.
2. Кривова С.Г., Зубаньов О.Є. Підходи щодо корекції ранніх стадій проєктів наукоємного машинобудування // Технологические системы – 2019, №4(89), - Киев, С. 45-49.
3. Killmann, R.H. and Thomas, K.W. Developing a Forced-Choice Measure of Conflict-Handling Behavior: The MODE Instrument, Educational and Psychological Measurement, Vol. 37, №2 (1977), P. 309-325.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПІДТРИМУВАННЯ ІНІЦІАЦІЇ ПЕРЕМОВИН ЩОДО КООПЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Шостак І.В., Феоктистова О.І.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Організація перемовин щодо коопераційного виробництва безпілотних літальних апаратів [1] формально може бути подана як процес знаходження Парето-оптимального рішення про розподіл замовлення між учасниками переговорів. Позначимо витрати кожного j -го учасника через l_j , а загальні витрати через

$$L = \sum_{j=1}^m l_j.$$

Пайова участь у витратах на виконання замовлення описується формулою:

$$R_j = f_j + \frac{1}{m}(1 - \sum_{j=1}^m f_j), j = \overline{1, m},$$

де R_j - частина замовлення, на яку претендує j -й учасник переговорів, функція f_j безперервна і визначена на множині $\frac{l_j}{L}$.

Якщо є умова $\sum_{j=1}^m R_j = 1$, функція f_j визначає ту, чи іншу схему розподілу замовлення L між кооперантами.

Відповідно до схеми Томаса-Кіллменна [2], вид функції визначає стиль, а, відповідно, і тактику проведення перемовин. Так, якщо $f_j\left(\frac{l_j}{L}\right) = \left(\frac{l_j}{L}\right)$, $\forall j = \overline{1, m}$, тоді $R_j = \left(\frac{l_j}{L}\right)$, то може йтися мова про співробітництво потенційних кооперантів з пропорційним поділом витрат за виконання замовлення між учасниками. У разі, коли функція має вигляд $f_j\left(\frac{l_j}{L}\right) = b > 0$, $\forall j = \overline{1, m}$, стиль перемовин визначається пристосуванням до запитів протилежної сторони. Найвірогіднішою і, водночас, найскладнішою в організаційному відношенні є організація проведення перемовин про коопераційне виробництво у стилі гібридного компромісу. У цьому випадку функція $f_j\left(\frac{l_j}{L}\right)$ має вигляд

$$f_j\left(\frac{l_j}{L}\right) = (1 - b) \cdot \left(\frac{l_j}{L}\right), 0 \leq b \leq 1, R_j = (1 - b) \left(\frac{l_j}{L}\right) + \left(\frac{b}{m}\right)$$

де b - коефіцієнт, що визначає «величину поступки», або компромісу, що допускається, m - кількість учасників перемовин.

Відповідно до виду функції f_j (залежно від того, який стиль перемовин доречний), визначаються Парето-оптимальні значення R_j . Множина таких

значень служить основою для формування базової пропозиції на етапі ініціалізації проекту коопераційного виробництва, тобто на практиці це означає узгодження значень l_j та R_j (передбачуваних витрат потенційних учасників та, відповідно, їхньої пайової участі в коопераційному виробництві).

Наступною фазою перемовин щодо ініціалізації проекту коопераційного виробництва, після формування базової пропозиції, є реалізація ітераційного процесу узгодження цієї пропозиції. На цій фазі переговорів для інформаційної підтримки доцільно застосувати метод зближення значень параметрів за мінімізації максимального виграшу сторін [2].

Будемо вважати, що базова пропозиція щодо організації коопераційного виробництва характеризується $i = \overline{1, I}$ параметрами оцінки R_j , які мають бути узгоджені m - учасниками переговорів. Кожен учасник пропонує свої значення параметрів V_{ij} . Для узгодження запропонованих параметрів (значення яких часто відрізнятимуться), може бути використана спеціальна функція $P_{ij}(V_{ij})$, що відображає допустимість для j -го учасника переговорів, вибору відповідного значення параметра V_i .

Процес встановлення значень ваги параметрів V_i проводиться кожною стороною переговорів із залученням колективу експертів. При цьому доцільне застосування низки методів колективного експертного оцінювання, зокрема, тих, що базуються на структуризації та агрегуванні оцінок, наданих окремими експертами.

Значення змінних M та W_i , («ваги» виграшу j -го учасника переговорів), мають бути визначені серед СППР ППКП за допомогою спеціальних обчислювальних процедур. Зокрема, авторами публікації [1] запропоновано використовувати на цій фазі методи MAULT (Multi-Attribute Utility Theory) та АНР (Analytic Hierarchy Process).

Список літератури

1. Кривова С.Г., Зубаньов О.Є. Підходи щодо корекції ранніх стадій проектів наукоємного машинобудування // Технологические системы – 2019, №4(89), - Киев, С. 45-49.
2. Killmann, R.H. and Thomas, K.W. Developing a Forced-Choice Measure of Conflict-Handling Behavior: The MODE Instrument, Educational and Psychological Measurement, Vol. 37, №2 (1977), P. 309-325.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

DEVELOPMENT OF AN ONTOLOGICAL SYSTEM FOR CONFIGURING VIRTUAL POWER PLANTS TAKING INTO ACCOUNT PEAK LOADS

Shostak I.V., Feoktystova O.I.
National Aerospace University
“Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine

Today, the spread of virtual power plants (VPPs) is a stable trend in the organization of the energy market in developed countries [1, 2]. For example, the total capacity of VPPs in the USA is approximately 30-60 GW, which is 4-8% of peak electricity consumption. However, forecasts for 2030 are aimed at increasing this figure to 80-160 GW, which is equivalent to the capacity of approximately 150 fossil fuel power plants [3]. VPPs integrate the capacities of decentralized producers, as well as consumers (prosumers) and energy storage systems (for example, batteries and converters such as “energy to heat” and “energy to gas”), with the aim of efficiently organizing the energy market. Thus, any VPP is a virtual structure that operates independently of the centralized electricity grid and does not have its own fixed assets, such as generating capacities, transformers, transmission lines and storage.

The goal of VPP is to optimize the use of each physical asset owned by third parties, while maintaining the stability of the overall energy system. The main differences between wind farms and traditional energy complexes are the absence of a central generating facility (e.g., a coal-fired or gas-fired power plant) and the consumer status of most consumers who can periodically supply electricity to the network from their own capacities (e.g., solar panels, wind turbines, heat pumps for electric vehicles). In addition, VPPs ensure effective balancing of demand and supply during peak load periods by attracting consumers [3].

At the same time, there is a fundamental problem in the operation of wind farms - balancing demand and supply during peak load periods.

Automatic management of VPP business processes under such conditions is not effective enough, since standard algorithms cannot adequately respond to the many situations that arise due to the impact of the environment on VPPs. This led to the conclusion that VPP lifecycle support tools require a dialog component that allows VPP managers to obtain rational options for managing the power grid during crises.

In general, the synthesis of VPP configuration under peak load conditions can be viewed as a resource allocation problem, where adequate information is required on the volume of energy supply services and the resources available to provide these services. In practice, however, the scale and dynamism of the energy market lead to a high level of uncertainty, manifested in incomplete, inaccurate and ambiguous initial data. This circumstance creates a high risk of making irrational or erroneous decisions when configuring VPPs under peak load conditions, which emphasizes the importance of using specialized decision-making information support (DSIS) tools when configuring VPPs under extreme operating conditions.

The report is devoted to the development of methodological support and, on its basis, the basic information technology for decision support in obtaining an acceptable VPP configuration that meets specific requirements (constraints) within the known functional structure of VPP components. These constraints are based on available information about VPP components, their parameters and compatibility constraints.

The structure of the decision support system for the sustainable functioning of VPP is presented in the form of a library, which includes five types of ontologies: domain, tasks and methods, knowledge sources, queries and application ontologies. It is assumed that in extreme conditions, caused primarily by negative environmental factors, VPP managers will be able to receive options for rational solutions to mitigate crisis situations in a dialog mode.

Each stage of the operation of the ontology-based decision support system (ODSS) technology is considered in detail. Each VPP employee with the authority to make decisions on managing the power grid in extreme modes works on the basis of the terminology of his query ontology and through it interacts with the part of the program ontology created to process the current query. ODSS activation begins after entering a query from the decision-makers (DM). Subsequently, the system automatically forms a program ontology corresponding to the query based on the program ontologies stored in the library. If such applications are absent, this is considered the initial ontology corresponding to the query description.

In ODSS, reasoning is implemented using the well-known method of finding a feasible solution in the theory of constraints [4].

The final stage of one cycle of ODSS operation is issuing a response to the DM query. This includes translating the terminology from the domain ontology to the query terminology.

A promising direction of this research is the intellectualization of the VPP functioning processes by developing tools for integrating and consolidating knowledge using resources available on the Internet.

References

1. How virtual power plants are shaping tomorrow energy system/MIT Technology Review/ [https:// www.technology.com](https://www.technology.com). Accessed on: Feb. 24. 2024.
2. All about Virtual Power Plants/ [https:// www.energy-pool.eu](https://www.energy-pool.eu). Accessed on: Aug. 12. 2024.
3. Virtual Power Plants/ [https:// www.usa.gov/www.energy.gov](https://www.usa.gov/www.energy.gov).
4. R. Iqbal, A. Murad, A. Mustapha, N. Sharef. «An Analysis of Ontology Engineering Methodologies: A Literature Review», Research J. Applied Sciences, Engineering and Technology, Vol. 6, 2013, №16, pp. 48-62.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ В УМОВАХ ВІЛЬНОЇ ДОСТУПНОСТІ СИСТЕМ ШТУЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТІВ

Главчева Ю.М., Главчев М.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

У сучасному академічному світі використання штучного інтелекту (ШІ) для генерації текстів стає дедалі популярнішим. Це порушує численні питання, пов'язані з етикою, оригінальністю та якістю наукових робіт. Водночас, технології для виявлення таких текстів також розвиваються, але їх ефективність залишається під питанням. Проблема використання ШІ для академічних цілей полягає у відсутності особистого аналізу та критичного мислення, що є ключовими для наукового дискурсу. Водночас, виклики, пов'язані з виявленням штучно згенерованих текстів, включають забезпечення достатньої точності результатів від програм, які ідентифікують такі тексти.

Метою доповіді аналіз підходів до забезпечення академічної доброчесності в умовах вільної доступності у використанні систем штучної генерації текстів [1].

В доповіді аналізується досвід закладів освіти щодо врегулювання використання штучного інтелекту в академічному процесі. Важливим напрямом є використання програмних засобів (ПЗ). В наукових публікаціях описуються недоліки, пов'язані з недостатньою точністю визначення штучно згенерованих текстів, але ПЗ активно вдосконалюються. Наприклад, це підтверджує дослідження авторів [2], які застосували два алгоритми: підхід, заснований на класифікації (Support Vector Machine); статистичний метод на основі лінгвістичних ознак. Максимальна точність виявлення - 99,87%. Рівень точності виявлення перефразованих текстів досяг 87,58% для моделі класифікації та 84,91% для статистичної моделі.

Таким чином, важливо застосувати комплекс заходів: упровадження програмних засобів, затвердження політик та навчання навичкам роботи з системами штучного інтелекту. Саме комплексний підхід дозволить забезпечити академічну доброчесність в освітньо-науковому процесі.

Список літератури

1. Rahman, M. M., & Watanobe, Y. (2023). ChatGPT for Education and Research: Opportunities, Threats, and Strategies. *Applied Sciences*, 13(9), 5783. <https://doi.org/10.3390/app13095783>
2. Kalra, M. P., Mathur, A., & Patvardhan, C. (2024). Detection of AI-generated Text: An Experimental Study. In *2024 IEEE 3rd World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)* (pp. 552-557). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIC61668.2024.10731116>.

МУЛЬТІАГЕНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Радченко В.О., Кучук Н.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В доповіді розглянуто теорію складних адаптивних систем для вирішення завдання управління вантажопотоком.

Складні системи будуються як самоорганізуючі системи, які характеризуються нелінійністю своєї поведінки, коли мала вхідна дія на систему призводить до великих змін на виході, так само як і навпаки, коли великі вхідні дії можуть несуттєво впливати на результуючі зміни. При цьому також можливі затримки, коливання та осциляції рішень, лавиноподібні зміни параметрів та багато інших несподіваних реакцій, що ставлять у глухий кут управлінців [1].

Складність є властивістю відкритої системи, яка складається з великої кількості різноманітних, частково автономних, активно взаємодіючих елементів, званих агентами. Складна система зазвичай немає жорсткого централізованого управління, та її поведінка визначається взаємодією агентів, і тому, будучи хаотичним, є невизначеним (недетермінованим), оскільки у кожній ситуації визначається свободою вибору агентів і від прийнятих ними рішень.

Складні системи мають такі основні характеристики: відкритість – визначає взаємодія із зовнішнім середовищем; різноманітність – визначає автономність та взаємозв'язок агентів; відсутність централізованого управління – визначає здатність агентів знаходити баланс інтересів узгодження рішень; емерджентність поведінки - визначає здатність системи знаходити рішення через взаємодію своїх елементів.

Таким чином, складна система - це система, що самоорганізується, побудована на пошуку і підтримці балансу (гармонії) інтересів агентів, де інтелект системи проявляється в ланцюжках взаємодій і узгоджених рішень для досягнення балансу інтересів агентів, що миттєво змінюється за ситуації, що і визначає чутливість системи до змін.

Складну систему неможливо розділити, як це робиться в класичному системному аналізі, на підсистеми, поведінка яких аналізується окремо, оскільки розрив зв'язків між різними елементами складної системи спричинить спотворення поведінки всієї складної системи в цілому.

Список літератури

1. Hornstein, Rhoda S. The Consolidated Planning and Scheduling System for Space Transportation and Space Station operations – Successful development experience / Rhoda S. Hornstein, John K. Willoughby, Jo A. Gardner, Gerald L. Shinkle // 44th International Astronautical Congress IAF, Graz, Oct 01, 1993. – Austria, Graz, 1993. – pp. 16-22.

ЗАВДАННЯ СЕМАНТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОВІДОМЛЕНЬ ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ШЛЮЗУ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Даценко С.С., Кучук Н.Г.

Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

У доповіді розглянуто семантичний шлюз у контексті промислового Інтернету речей (ІоТ). Це програмно-апаратний компонент, що відповідає за перетворення, узгодження та збагачення даних з різних джерел на основі загальної семантичної моделі.

Такий шлюз допомагає забезпечити інтероперабельність між пристроями, системами та хмарними платформами. Таким чином, семантичний шлюз вирішує проблеми взаємодії різних прикладних ІоТ технологій лише на рівні метаданих [1].

Проблема перетворення даних між різними протоколами на семантичному рівні є актуальною для промислового Інтернету речей. При використанні різних промислових рішень виникає проблема стикування технологій як на фізичному, каналному, мережевому, транспортному рівнях, так і прикладному рівні.

Для вирішення цієї проблеми пропонується використати гетерогенний шлюз Internet of Things.

Проблема взаємодії протоколів лише на рівні метаданих вирішується використанням спеціального програмного забезпечення (ПЗ), що і буде промисловим семантичним шлюзом.

Дане ПЗ виділяє ключову інформацію від кожного з пакетів даних, прикладний рівень яких заснований на одному з промислових протоколів, і перетворює на загальний проміжний формат Industrial Internet of Things Conversion Format (ІІоТСФ).

У разі потреби використовуються функції ПЗ для перетворення отриманих даних у протоколи, що підтримуються, і подальшого їх відправлення в пункт призначення.

Як прикладне рішення для семантичного шлюзу ІоТ пропонується використовувати гетерогенний ІоТ шлюз, Heterogeneous Industrial Internet of Things Gateway – шлюз, що встановлюється в рамках одного рішення ІоТ і відповідає за перетворення протоколів промислового Інтернету речей між собою.

Список літератури

1. Mozhaiev O., Kuchuk N., Shtepa D., Sorobei B. Study of the Internet of Things network construction tasks. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2024. – Т. 1 (75). – С. 137-141.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ НЕКОМУТАТИВНИХ СЕТ-ОПЕРАЦІЙ

Рудницький В.М., Лада Н.В.

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки, Україна

Короткий Т.К.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Одним із перспективних шляхів розвитку малоресурсної криптографії є СЕТ-шифрування, яке реалізується на основі генерації псевдовипадкових наборів СЕТ-операцій. СЕТ-операції представляють собою дискретні моделі таблиць підстановки [1]. Серед СЕТ-операцій особливе місце займають СЕТ-операції які допускають перестановку операндів. Особливість даних операцій полягає в тому що після перестановки операндів змінюється дискретна модель операції і змінюються таблиці підстановки, що забезпечує збільшення до двох разів кількості таблиць підстановки в криптоалгоритмі [1]. На жаль синтез даних операцій проводиться лише за результатами обчислювального експерименту [2] за відсутності теоретичних методів побудови.

Метою доповіді є вдосконалення технології побудови некомутативних СЕТ-операцій на основі об'єднання однооперандних операцій.

Синтез симетричних двохоперандних СЕТ-операцій які допускають перестановку операндів можна реалізувати на основі дублювання однооперандних операцій. Дублювання однооперандних СЕТ-операцій по своїй сутності представляє повтор СЕТ-операцій з різними аргументами. Можна допустити, що об'єднання однооперандних СЕТ-операцій з різними аргументами забезпечить синтез як симетричних так і несиметричних двохоперандних СЕТ-операцій які допускають перестановку операндів. За результатами дослідження вдалося синтезувати всі 576 двохохрозрядні двохоперандні СЕТ-операції які допускають перестановку операндів.

Отримані результати дозволили удосконалити технологію синтезу комутативних і некомутативних двохоперандних СЕТ-операцій для побудови мало ресурсних систем потокового шифрування.

Список літератури

4. V. Rudnyskyi, N. Lada, V. Babenko, H. Kuchuk, D. Pidlasyi, D. Kamak and Ye. Ivashchenko Modeling of groups of dual-cycle non-commutative two-operand CET-operations. Journal of Xidian University Volume 18 – Issue 10 – October 2024 Page No: 916-958. Doi.10.37896/jxu18.10/069

5. Рудницький В.М., Лада Н.В., Геращенко М., Короткий Т.К. Стабєцька Т.А. Modeling relationships in non-commutative two-operand two-bit cet-operations of a double cycle when permuting the operands Технічний аудит і резерви виробництва. №3/2 (77), 2024. с.30-35. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.306980>

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Бреславець В.С., Бреславець Ю.В., Яковенко І.В., Фоменко А.А.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Вплив сильних електричних та магнітних полів на працездатність систем зв'язку стає вагомим у випадку, коли електричні та магнітні поля проникають у середину виробів крізь неоднорідності екранів, наводячи додаткові струми та напруги на елементах виробів, які змінюють їх робочі характеристики. Дослідження процесів такого роду обумовлені все більшим застосуванням напівпровідникової елементної бази, яка має високу чутливість до дії стороннього електромагнітного випромінювання.

Більшість існуючих експериментальних та теоретичних результатів досліджень впливу електромагнітного випромінювання на працездатність приладів зв'язку відносяться до галузей необоротних відмов (тепловий пробій). В той же час залишаються відкритими питання, пов'язані з визначенням механізмів впливу струмів, наведених електромагнітним випромінюванням, на фізичні процеси, що визначають ступень відхилення робочих характеристик приладів від норми та можливості відновлення їх нормального функціонування.

Метою доповіді є фізична модель появи зворотніх відмов (без втрати працездатності) напівпровідникових приладів в умовах, коли дія стороннього випромінювання приводить до відхилення їх робочих (вольт – амперних) характеристик від норми. Причиною появи таких змін характеристик є процеси трансформації енергії наведених зовнішнім випромінюванням струмів в енергію власних коливань напівпровідникових приладів (встановлення режиму генерації коливань).

В доповіді розглядалися електромагнітні коливання, що існують на межі розподілу середовищ, які відрізняються електромагнітними властивостями – поверхневі поляритони (хвилі Фано). При цьому використовувалися рівняння електродинаміки: рівняння Максвела, матеріальні рівняння та граничні умови, за допомогою яких визначаються закони дисперсії поверхневих електромагнітних коливань. Спектр поверхневих поляритонів визначався в умовах наближення холодної плазми та відсутності їх зіткнувального затухання. Для знаходження механізму згасання поверхневих плазмонів, обумовленого їх взаємодією з електронами провідності на межі розподілу середовищ, застосовувалися рівняння електродинаміки в умовах нехтування ефектами запізнювання. Було одержано дисперсійне рівняння для системи потік заряджених частинок – напівпровідникова надгратка в умовах, коли частинки потоку проходять крізь середовище з постійною швидкістю. Знайдено власні частоти коливань,

сформульовано умови розвитку нестійкостей та отримано вирази для різних окремих випадків. З практичної точки зору в роботі вирішено важливе питання про можливість збудження поверхневих коливань в умовах резонансної взаємодії хвиль та частинок, коли потік електронів та періодична структура розділені у просторі. В доповіді приведені кількісні оцінки втрат енергії наведених струмів на збудження поверхневих коливань. Вибір поверхневих коливань в якості каналу трансформації енергії струмів не є випадковим – цей тип коливань локалізовано поблизу межі напівпровідникового приладу, що визначає ефективність їх взаємодії зі струмами, наведеними зовнішнім випромінюванням.

Список літератури

1. IEEE Std 802.11b. The Institute of Electrical and Electronics Eng., 1999. 89 с.
2. Serkov O, Breslavets V., Breslavets J., Yakovenko I. Excitation of own oscillations in semiconductor components of radio products under the exposure of third-party electromagnetic radiation. Advanced Information Systems. - 2022. - Volume 6, Number 1. - P. 124-128. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.1.20>.

ЗБУДЖЕННЯ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ ПОТОКАМИ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК

Бреславець В.С., Бреславець Ю.В., Яковенко І.В., Фоменко А.А.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Однією з головних проблем сучасної радіофізики є необхідність освоєння субміліметрового та короткохвильової частини міліметрового діапазонів електромагнітних хвиль. Ці діапазони частот важливі для розвитку досліджень у різних галузях фізики, але і, а також для багатьох технічних застосувань: радіолокації, радіонавігації, техніки зв'язку, обчислювальної техніки і т. і. На першому місці у цій проблемі безумовно стоїть задача створення джерел випромінювання електромагнітних хвиль. Одна із можливостей рішення цієї задачі базується на процесах перетворення енергії потоку заряджених частинок в енергію випромінювання власних коливань твердотільних структур в умовах перехідного випромінювання. Крім того, процеси генерації коливань такого діапазону можуть бути причиною появи зворотніх відмов – змін робочих характеристик систем зв'язку

Метою доповіді є пошук та аналіз механізмів взаємодії поверхневих електроакустичних хвиль та електронів на межі плазмове середовище – п'єзоелектрик та отримання аналітичних рішень задач взаємодії струмів, наведених зовнішнім електромагнітним випромінюванням, з власними електромагнітними коливаннями структур, що комплектують п'єзоелектричні прилади, в умовах режиму нестійкості (генерації) коливань.

Для розкриття механізму безіткнувального згасання поверхневих плазмонів в роботі застосовано поняття хвилі Ван – Кампена (ХВК). У попередніх роботах припускалось, що це згасання аналогічно згасанню Ландау в безмежному середовищі. При цьому поле поверхневої хвилі в умовах дзеркального відбиття електронів від межі розподілу подавалося у вигляді набору просторових гармонік, що поширюються в безмежному середовищі. Повне згасання поверхневих коливань є наслідком підсумовування згасання просторових гармонік. При цьому підходить роль межі виявляється тільки у формуванні поверхневих хвиль. Такий метод використовується, як правило, в умовах дзеркального відбиття електронів від межі. На межі розподілу середовищ виникає перетворення поверхневих коливань у ХВК, які поширюються вглиб середовища. Показано, що безіткнувальне згасання поверхневих коливань обумовлено перетворенням їх енергії в енергію ХВК. Одержано вираз дисперсійного рівняння для пов'язаних електроакустичних та плазмових коливань, а також вираз для його декременту, виявлено умови виникнення резонансу, при якому на межі виникає поверхнева плазмова – акустична хвиля, аналогічна хвилі на межі п'єзонапівпровідник - вакуум. Механізми безіткнувального згасання поверхневих коливань, що базуються на застосуванні ХВК, обмежено класичним наближенням. Разом з тим, останнім часом в різних галузях радіофізики все більше застосовують структури з великою концентрацією носіїв, де виконуються умови квантового наближення. До них належать: напівпровідникові ґратки, 2D електронні системи, структури МДН, тонкі металеві плівки. Визначені розрахункові співвідношення для кількісних характеристик зворотніх відказів приладів в залежності від параметрів зовнішнього електромагнітного випромінювання та фізичних якостей матеріалів, комплектуючих прилади. В якості енергетичного критерію оцінки електричної стійкості напівпровідникових приладів в галузі зворотніх відказів запропоновано величину енергії випромінювання електромагнітних коливань напівпровідникових приладів, яка визначає ступінь відхилення вольт – амперних характеристик напівпровідникових приладів від норми в умовах дії стороннього випромінювання. Приведені кількісні оцінки втрат енергії наведених струмів на збудження поверхневих коливань. Величина енергії випромінювання власних коливань напівпровідникових приладів знаходиться в межах сучасних приймачів НВЧ - випромінювання.

Список літератури

1. Серков О.А., Бреславец В.С., Бреславец Ю.В., Яковенко І. В. Механізми впливу зовнішнього електромагнітного випромінювання на працездатність апаратури зв'язку Системи управління, навігації та зв'язку. 2022.Т.2, №68 (2022). С.129-133 doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.1.20>.
2. Serkov O, Breslavets V., Breslavets J., Yakovenko I. Excitation of magnetoplasma oscillation in semiconductor structures by fluxes of charged particles. Advanced Information Systems. - 2021. - Volume 5, Number 3. - P. 18-21. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.03>

СЕКЦІЯ 5

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Керівник секції: д.т.н., проф. О. О. Можасв, ХНУВС, Харків

Секретар секції: PhD І. Ю. Петровська, НТУ «ХП», Харків

RESEARCH AND MATHEMATICAL DESCRIPTION OF DIFFERENT SOURCES OF INTERFERENCE

Ibrahimov B.G.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

National Defense University, Baku, Azerbaijan

Ismayilova S.R., Orujova M.Y.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

At present, the transmission messages via various types of communication channels requires studying and researching the descriptions various sources of interference in order to increase the noise immunity of digital signal reception. In this regard, let us move on to the issue of the mathematical description various sources of interference. It follows that interference can be represented as a random function of time. A random function of discrete time is usually called a random sequence, a random function continuous time is called a random process. Random functions are characterized by their distributions. Numerical characteristics in the form of distribution moments are also used.

The following inequalities are characteristic for impulse interference:

$$\tau_i \ll T_i, \quad T_i \gg \tau_y, \quad \tau_i < \tau_c,$$

where τ_y - the establishment time of the circuit affected by the impulse interference; τ_c - duration of an elementary signal transmission; T_i - the interval of following.

Pulse interference is created mainly by industrial and atmospheric sources. The analytical record of the implementation of a random pulse process has the form:

$$u_n(t) = \sum_{i=1}^n U_{mi} \varphi(t - t_i, \tau_i), \quad (1)$$

where t_i - is the time of occurrence of the i -th pulse; τ_i - is its duration; where t_i is the time occurrence of the i -th pulse; τ_i is its duration; U_{mi} – максимальное значение напряжения для i -го импульса. Spectral density of the pulse noise amplitudes according to the Fourier transform:

$$S(j\omega) = \int_0^{\infty} u_n(t) e^{j\omega t} dt = \int_0^{\infty} U_{nm} e^{\alpha t} e^{-j\omega t} dt, \quad (2)$$

where $S(j\omega) = U_{nm} / \sqrt{\alpha^2 + \omega^2}$.

Impulse interference is characterized by a broadband spectrum that decreases with frequency. From (1) and (2) it is clear that impulse interference is characterized by a broadband spectrum that decreases with frequency.

The shorter the duration of the interference, i.e. the greater the coefficient α , the wider and more uniform the spectrum in frequency. The spectrum width of the pulsed interference is usually greater than the spectrum width of the signal. The distribution of amplitudes - in particular, for atmospheric interference is satisfactorily described by the logarithmic Gaussian law

$$W(U_{nm}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \exp\left[-\left(\frac{\lg^2 U_{nm}}{2\sigma_n^2}\right)\right], \quad \sigma_n^2 = \overline{\lg^2 U_{nm}}, \quad (3)$$

The distribution of pulses in time is close to the Poisson distribution:

$$F(k, \theta) = \left[\frac{\theta / T_{cp}}{k!} \right] e^{-\theta / T_{cp}}, \quad (4)$$

where $F(k, \theta)$ – is the probability of the occurrence k pulses during time θ ; T_{cp} – is the average repetition period of the pulse interference.

References

1. Bayram Ibrahimov. Investigation of noise immunity telecommunication systems according to the criterion energy efficiency//Transport and Telecommunication. Vol. 24, no.4, 2023. pp. 375 - 384.
2. Hashimov E.G., Bayramov A.A., Sabziev E.N. Determination of the Bearing Angle of Unobserved Ground Targets by Use of Seismic Location Cells / ĪSMT 2017 – 6th Int. Conf. on Military Technologies, May 31 – June 2, 2017, Brno, Czech Republic, pp. 185 – 188.
3. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – T. 1. – №. 20. – С. 45-49.
4. Bayramov, A. A. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // A.A.Bayramov, E.G.Hashimov, R.R.Amanov/ -Baku:Geography and nature sources. – 2016, № 1. – p. 124-126.
5. Hasanov A. H., Hashimov E. G. Analysis of the effectiveness of communication and automated management systems //Modern directions of development of information and communication technologies and management tools, Abstracts of reports of the 12th Int. Scientific and Technical Conf. – 2022. – T. 1. – С. 1-4.
6. Ibrahimov B.G., Ibrahimov G.G. Research of cryptographic method and means of protection of transmitted information in telecommunication systems // Scientific and technical journal - Scientific notes - AzTU, No. 1, 2018. pp. 40 - 45.
7. Mustafa Güden, Yiğit Gürlür, Servet Yıldırım, Özkan Dağlıöz, Namazov Subhan. Strain Rate and Temperature Dependent Tensile Failure of a Short Glass Fiber Reinforced Polyamide Thermoplastic Composite. Materials Science Forum. Vol. 1119, Pages 93-98, 2024.
8. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р.: [у 3 т.]. Т. 1 / –Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.

STUDY OF SEISMIC PROCESSES USING AI TECHNOLOGY

Suleymanov S.S., Bayramov A.A., Abdullayev F.N.
Republican Seismic Survey Center, Baku, Azerbaijan

It is known that in the pre-earthquake stage, large rheological changes occur in a certain volume of the geological environment: geophysical anomalous volume zones of various nature are formed, cracks open in the zones of increased shear and tensile stress. The development of the pre-earthquake destruction process can affect the change in the recorded geophysical anomalies, anomalous variations in the Earth's magnetic field, gravity, and radon exhalation dynamics [1-4]. For more effective analysis of the results of regular monitoring of changes in the Earth's magnetic field and the propagation of seismic waves, it is necessary to create an automated magnetometer, as well as a mathematical and hardware-software complex using artificial intelligence-based neural networks, Fourier analysis, wavelet transforms, etc. methods for processing the received seismic spectra [5-7].

The purpose of the report is to present the results of the creation of a new generation automated magnetometer complex; regular observation of seismic waves in a selected area; assessment of the current situation in the depths of the earth and on the surface based on information (spectral data) received from seismological devices, analysis of the dynamics of spectral data for separate periods.

References

1. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.
2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. 2015. vol. 1. №. 1. C. 128-132.
3. Hashimov E.G., Bayramov A.A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. 2015.p.23-24
4. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9- і міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119
5. Sundhararajan M., Gao X., Nejad H. Artificial intelligent techniques and its applications. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems 34 (2018), pp. 755–760.
6. Bajaj, S., Bopardikar, S., Moll, A., Tornig, E., Casbeer., D.: Perimeter Defense using a Turret with Finite Range and Service Times. arXiv:2302.02186v1 [eess.SY] 4 Feb 2023
7. Guerrero-Bonilla, L., Nieto-Granda, C., Egerstedt, M.: Robust Perimeter Defense using Control Barrier Functions. In 2021 International Symposium on Multi-Robot and Multi-Agent Systems (MRS). IEEE, pp. 164–172. (2021).
8. Hashimov E. G. et al. Application of relief digital model for combat operation planning //Military Knowledge. – 2015. – T. 4. – C. 63-69.

SOFTWARE FOR THE RADON EMISSION CONTROL

Bayramov A.A., Keramova A.A., Yusifova X.H., Mammadzada S.A.
Republican Seismic Survey Center, Baku, Azerbaijan

When tectonic blocks interlock, lithospheric electromagnetic fields in the compression area will be suppressed, and intensified in the stretching area [1-3]. In addition to earthquakes, there are also hidden dangers, the so-called "slow catastrophes". Radioactive radon is dangerous, first of all, for humans, the study of the dynamics of radon emission depending on geodynamic factors is very relevant. In Azerbaijan, radon is the most common hazard in cities and rural areas. It is this type of danger that causes the most human deaths and the greatest material damage [4-6].

The purpose of the report is:

- 1) to investigate of radon emission by geochemical technology in the special stations on the territory of the Azerbaijan Republic;
- 2) to develop and create a software for the radon emission control in order to assess the risk of seismicity in the region and to transmit measured data on-line mode to a central post using GSM communication.

As a result of the pilot studies, a map of radon emission on the territory of the Azerbaijan Republic will be create. A software for carrying out analysis at the central post will be developed and created.

The work was carried out under a grant from AEF-BQM-BRFTF-4-2024-5(53).

References

1. Hashimov, E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku: National Security and Military Sciences. – 2015. – T. 1. – №. 1. – C. 128-132.
2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries //Journal of Military and Information Science. – 2016. – T. 4. – №. 2. – p. 61-66.
3. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.
4. Ghosh D., Deb A., Sengupta R., 2009. Anomalous Radon Emission as Precursor of Earthquake. Journal of Applied Geophysics 69 (2), 67–81. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2009.06.001>.
5. Keramova R.A. - New technology of opera-tive evaluation of seismic situation on geochemical fields of fluids of Azerbaijan/ 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Istambul, aug. 25-29, 2014.
6. Keramova R.A. - Scan results of seismic zones in caspian sea on the seismicfluidogeodynamical (SFGD) fields of Azerbaijan. 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Istambul, aug. 25-29, 2014.

MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS IN THE 44-DAY PATRIOTIC WAR

Alakbarova S.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

In this article, the role and importance of the use of modern automatic control systems by the Armed Forces of Azerbaijan in the “Iron Fist” operation during the Second Karabakh War are evaluated and analyzed.

Technological progress on a global scale has led to changes in the forms and methods of conducting modern warfare. Unlike previous wars, modern conflicts do not take place along a broad front but rather have a localized character. As a result of wide-ranging, purposeful reforms and technological advancements within the Armed Forces, the Azerbaijan Armed Forces made extensive use of modern automatic control systems. During the military operations known as “Iron Fist,” the highly professional and precise deployment of modern missile and simulation systems, especially Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), played a significant role in increasing the effectiveness of military operations and ensuring both strategic and tactical advantages on the battlefield [1-3]. Thus, through the effective application of automatic control technologies, the Azerbaijan Armed Forces were able to alter the course of the 44-day Patriotic War—by automatically detecting and destroying enemy targets, minimizing personnel losses on the battlefield, disabling the enemy’s communication and control systems, rapidly collecting and processing data, and automatically executing attack plans. All of this weakened the enemy’s resistance and accelerated the victory.

Due to many of its specific features, the “Iron Fist” operation is regarded by military experts and security researchers as a war in which next-generation warfare elements were employed. It is cited among the leading operations in world military history [1].

References

1. Piriye H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
2. Huseynov B. S., Hashimov E. G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War //Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. – 2023. – T. 3. – C. 16-17.
3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. –2015.–C.23.
4. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3 (7). – C. 14-24.
5. Hashimov E. G., Maharramov R. R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles //Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.11.

UNMANNED VEHICLE CONTROL ALGORITHM

Suleymanov S.S., Bayramov A.A., Abdullayev F.N.
Republican Seismic Survey Center, Baku, Azerbaijan

At the present stage, various navigation methods have been proposed: inertial navigation, satellite navigation and observation-based navigation. However, depending on the task at hand, it is necessary to select the optimal autonomous navigation technology for the unmanned air vehicle. One of the effective ways is the technology of Artificial Intelligence (AI), which is widely used in the field of engineering research [1-8]. AI can detect anomalies and predict potential scenarios, respond to changing situations, study complex problems associated with huge volumes of data, and find patterns that humans might ignore. It can analyze and use external factors to improve the maneuvering of UAVs.

The purpose of the report is to present the results of the developing an algorithm for controlling and navigating an unmanned vehicle using the artificial intelligence method. The process of functioning of an intelligent unmanned vehicle control controller with the choice of a global navigation satellite system is considered. An algorithm has been developed for using a visual or inertial navigation system to determine the coordinate and time characteristics of an unmanned aerial vehicle in the event of non-functioning of the global satellite navigation system. The proposed algorithm and control architecture are applied to an unmanned aerial vehicle intended to perform a reconnaissance flight.

References

1. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
2. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
3. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
4. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 74-80.
5. Parthasarathy, V., Santhosh, R., Rakesh, K., Salman, N., Muhammad, S., Jin-Ghoo, C.: Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Precision Agriculture: Applications and Challenges. *Energies* 15, 217, 1-19 2022
6. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31
7. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
8. Hashimov E. G., Maharramov R. R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles //Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.11.

APPLICATION OF ACOUSTIC-SEISMIC METHODS FOR DETECTING MOVING OBJECTS

Piriyev H.K., Dashpoladov E.Z.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

Modern geophysical monitoring technologies effectively detect and track moving objects using acoustic and seismic methods. By analyzing sound waves and ground vibrations, these methods enable the remote monitoring of vehicles, pedestrian movement, and industrial activities [1-5]. The integration of these techniques enhances detection capabilities in complex environments, including urban and remote areas.

Key techniques include spectral-time analysis, which differentiates emitted signals, spectral-polarization processing, which refines directional information, and bearing determination, which locates objects based on wave propagation.

Field experiments demonstrate that these methods achieve 85-95% accuracy in object detection. Their application is particularly valuable for security, military surveillance, and automated industrial monitoring, ensuring real-time tracking and precise identification of moving targets. Moreover, the ability to operate passively without requiring active signal transmission makes them highly suitable for covert operations and environmental monitoring.

Acoustic-seismic methods provide an effective approach for the positive identification of moving objects. The combination of spectral-time analysis, spectral-polarization methods, and bearing determination allows for real-time refinement of an object's key parameters. This approach has promising applications in security, military monitoring, and automated control systems in industrial environments.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
2. Hashimov E. G. et al. Application of relief digital model for combat operation planning //Military Knowledge. – 2015. – Т. 4. – С. 63-69.
3. Hashimov E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku:National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.
4. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Xalilov B. M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 14-20.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Khalilov B. M. Terrain orthophotomap making and combat control //Proceeding of Internatonal Conf.“Modern Call of Security and Defence”. I-st. – 2016. – Т. 19. – С. 68-71.

TECHNOLOGICAL ASSURANCE OF DIMENSIONAL ACCURACY IN MACHINE PARTS

Sarvan A.Sh.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

This article investigates the dimensional accuracy and economically justified tolerances in the manufacturing and assembly of machine parts, emphasizing their impact on production efficiency and operational performance. The study highlights the necessity of re-evaluating part accuracy requirements by predicting dimensional changes due to wear and analyzing the functional influence of clearances in mechanical assemblies. By optimizing dimensional relationships and controlling tolerances, both durability and cost-effectiveness in the production process can be significantly improved.

Particular attention is given to the techno-genetic transformation of dimensional accuracy from workpiece to final part surfaces, especially in high-precision machining. The formation of micro-geometric characteristics is determined by inter-operation inheritance and the precision of previous technological steps. Modern numerically controlled machines with enhanced rigidity are essential for achieving the required accuracy and surface integrity.

The paper also explores how various machining processes generate characteristic “hidden” and “apparent” micro-errors, influenced by input parameters and physical-mechanical conditions. The real contact area between surfaces, including plastically deformed micro-protrusions, critically affects part longevity.

Finally, the study underscores the scientific and technical importance of ensuring high dimensional and shape accuracy, particularly in parts operating under extreme conditions. Special emphasis is placed on the honing process and its impact on surface microstructure, reliability, and performance of machine elements.

References

1. Eziz, S. Sh. Kinematic features of the lapping process and determination of its basic parameters // – Moscow: Computational Nanotechnology, – 2020. №3 (Vol.7), – p. 11-16 <https://urvak.org/articles/compu-5261-vypusk-3-kinematicheskie-osobennosti-pr/>
2. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Alekberov M.Z. Generalized Assessment of Machined Surfaces Quality. Russ. Engin. Res. 40, 822-825 (2020). <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068798X20100202>
3. Rasulov N.M, Nadirov U.M, Alakbarov M.Z. Improving the efficiency of grinding teeth by copying with the control of dynamic technological connections. / SOCAR Proceedings. Special Issue 1 (2022) 029-035. DOI: 10.5510/OGP2022SI100697. <https://proceedings.socar.az/en/journal/85>
4. Eziz, S. Sh. Theoretical studies of the dynamic characteristics of the internal lapping process // – Magnitogorsk: Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University, – 2020. №2 (Vol.18), – p. 30-37 <https://vestnik.magtu.ru/en/archive/86-archive/no-2-2020/1095-30.html>

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COUNTERING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN MODERN CONFLICTS

Maharramov R.R., Sabziev E.N., Pashayev A.B.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

In recent years, the growing demand for unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern conflicts—such as the Second Karabakh War, the 2023 localized anti-terror operations, the ongoing Russia-Ukraine war, and Middle Eastern hostilities—has led to rapid advancements in UAV technology. These systems vary significantly in size, function, design, and autonomy, presenting serious challenges for air defense (AD) systems. Especially problematic are small, low-flying UAVs equipped with stealth coatings that hinder detection by conventional radar and optical systems. As a result, leading global research institutions and defense companies emphasize the integration of artificial intelligence (AI) to overcome these limitations. AI-driven detection and object recognition systems can analyze radar signals and visual data to identify UAVs with high accuracy. Moreover, signal analysis systems can detect UAV communication patterns, enhancing threat awareness. Beyond detection, AI enables automated response mechanisms, capable of classifying UAV types, assessing threat levels, and deploying suitable countermeasures. Automatic targeting and firing systems powered by AI ensure faster and more precise responses. Ultimately, AI offers a transformative approach to UAV defense, promising faster, more accurate, and highly integrated counter-UAV systems. As AI technologies advance, they will reshape traditional defense paradigms and provide revolutionary improvements in both detection and combat efficiency.

References

1. Hashimov E.G., Maharramov R.R.. Taking control of dead zone of radiolocation station by the automatic acting electro-optic system // Defence Science Journal. -2025, vol. 75, No. 1. - pp. 84-89, DOI:10.14429/dsj.19950
2. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
3. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119
4. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
6. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
7. Bayramov A.A. Development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program // Advanced Information Systems, 2019, vol 3, №1, p.p.152-156. DOI: [10.20998/2522-9052.2019.1.25](https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.25)

TACTICAL AND INTELLIGENT CONTROL OF UAV SWARMS

Talibov A.M., Pashaev A.B., Sabziev E.N.
Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

The use of a swarm of unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern military operations has emerged as a strategic approach to overcome the limitations of individual UAVs. This paper explores the fundamental principles and tactical applications of UAV swarms in combat missions. Key components of effective swarm deployment include route-based flight control, formation integrity, target detection and recognition, target assignment, safe transport of hazardous payloads, and precision weapon deployment. Route planning prioritizes low-visibility paths—such as valleys and riverbeds—to enhance covert movement, while advanced algorithms ensure safe navigation and collision avoidance. Swarm UAVs transition from en-route flight to battle formation and align laterally before engaging targets. Each UAV autonomously selects a designated target based on a distribution algorithm. Critical attention is given to the secure handling of explosives through intelligent electronic switching systems and power supply controls, which activate only after takeoff. The detection and targeting modules rely heavily on artificial intelligence (AI), utilizing image recognition and real-time adjustments to maintain the target in the camera's field of view. A software system is proposed to identify enemy silhouettes and guide the UAV precisely toward destruction zones. Overall, this research underlines the growing role of AI and intelligent coordination in the effective and safe use of UAV swarms in combat environments.

References

1. Hashimov, E.G. et al.. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
3. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018
4. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31
5. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 74-80.
6. Hashimov E. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – Т. 13. – №. 2. – С. 107-112.
7. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.

DESIGN AND SIMULATION OF A HIGH-PERFORMANCE MICROSTRIP ANTENNA FOR WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Karimov E.Y., Muradov T.S.

Military Institute named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

In the digital era, wireless communication systems have become essential for ensuring fast, reliable, and high-quality data transmission. With the increasing demand for wireless technologies such as Wi-Fi and Bluetooth, the need for efficient antenna design has grown significantly. This study presents the modeling and simulation of a microstrip patch antenna operating at 2.4 GHz, a widely used frequency in wireless communication systems. Due to its compact geometry, low weight, and low manufacturing cost, the microstrip antenna is ideal for applications in mobile devices, WLAN, medical technologies, and satellite communications. The antenna was designed using CST Microwave Studio software, with copper used for both patch and ground layers, and ROGERS RT/duroid 5870 selected as the substrate material for its high-frequency compatibility. Simulation results revealed a reflection coefficient of -45.5 dB, gain of 6.8 dBi, VSWR of 1.01, and directivity of 7.8 dBi—values that meet or exceed standard performance criteria for Wi-Fi applications. The optimized design and feeding techniques contributed to the high efficiency and reliability of the antenna. These findings suggest that the proposed antenna can be effectively used in modern WLAN systems, offering a practical solution for expanding the capabilities of wireless communication technologies.

References

1. Woo, D. S. (2022). A triple band C-shape monopole antenna for vehicle communication application // *Progress In Electromagnetics Research C*, 121, 97-106.
2. Ibrahimov B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks// Десята між на-род на науково-технічна конференція - “Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління” .9 – 10 квітня 2020 року. Том 1: сек 1.-pp.30.
3. Chakraborty, M., Chakraborty, S., Reddy, P. S., & Samanta, S. (2017). High performance DGS integrated compact antenna for 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN band // *Radioengineering*, 26(1), 71-77.
4. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3 (7). – C. 14-24.
5. Ibrahimov B. G., Hashimov E. G. “Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies”. Problems of Informatization. Proceedings of 11-th International scientific and technical conference. 2023, november 16–17, vol. 1, pp. 29–30, doi: <https://doi.org/10.32620/PI.23.t16>.
6. Ibrahimov B.G et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //system. –2024. –T.18. –C. 19.

THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACHES TO COMBAT ACTIVE ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

Ganjiyev A.Sh, Huseynov M.M., İsgandarov R.Z., Mabudov G.F.
Military Institute named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

Ensuring reliable transmission, reception, and processing of signals under active jamming conditions is one of the key challenges in modern applied information theory. This paper is devoted to the theoretical and practical aspects of enhancing the jamming resistance of radio-technical systems (RTS) used in military applications. A concise overview of methods, perspectives, and results related to the suppression of active electromagnetic and noise jamming is presented. The study analyzes the structure and vulnerabilities of modern multifunctional RTS against electronic warfare (EW) technologies and proposes several improvement strategies. Particular emphasis is placed on increasing the structural stealth of wideband probing signals through combined phase-coding and pseudo-random discrete frequency modulation techniques. The paper highlights the necessity of technical and organizational measures to ensure both jamming resistance and emission concealment, especially in combat operations where passive modes are limited. In light of the increasing use of microelectronic-based devices and growing electromagnetic density in the environment, the study emphasizes the urgency of addressing deliberate active jamming threats. Proposed countermeasures include classical anti-jamming methods, improved operator training, adaptive coding techniques, phase-modulated wideband signals, and automated jamming suppression software systems. The findings underline that overcoming active jamming threats is vital for the operational integrity and survivability of all signal-emitting and receiving military platforms.

References

1. Ganjiyev, A.Sh. Radiation fields of electromagnetic barriers and antenna factor // – Baku: Military knowledge, – 2010. №1(103), – pp. 31-36.
2. Ganjiyev, A.Sh. Ultra-high frequency receivers. Textbook. / – Baku: – AAHM printing house, – 2015. – 307 p.
3. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – T. 8. – №. 4. – C. 20-25.
4. Ibrahimov B. G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology / Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2023 р. Т. 2. –Харків:Impress, 2023. –С. 4-5.

MONOCRYSTAL \leftrightarrow MONOCRYSTAL TRANSFORMATION IN $\text{K}_{0.975}\text{Rb}_{0.025}\text{NO}_3$ CRYSTAL

Nasirov E.V., Mabudov G.F.

Military Institute named after H.Aliyev, Baku, Azerbaijan

Rzayeva A.G., Nasirov V.I.

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

The investigation of monocrystalline \leftrightarrow monocrystalline phase transformations in $\text{K}_{0.975}\text{Rb}_{0.025}\text{NO}_3$ solid solutions is of both scientific and practical importance. Scientifically, the study contributes to the understanding of polymorphic transformation mechanisms, crystal nucleation, and growth processes, enriching knowledge in crystallography and materials science. In this work, single crystals were obtained via isothermal crystallization, and their structural transformations were analyzed using optical microscopy and X-ray diffraction techniques. It was determined that the crystals exhibit a rhombic structure at room temperature, and undergo a reversible II \leftrightarrow III transformation to a hexagonal structure at temperatures above 401 K. Morphological analysis revealed that new phase nucleation begins in the [100] crystallographic direction and continues along [001]—a characteristic of monocrystal-to-monocrystal, enantiotropic transitions. Notably, the I-phase observed in pure potassium nitrate during cooling was absent. These transformations demonstrate potential for use in temperature- and pressure-sensitive sensors due to their phase responsiveness. The crystals' high thermal stability and dielectric properties also make them suitable for heat storage systems, capacitors, and microelectronic applications. Furthermore, the incorporation of Rb^+ ions enhances phase stability and enables control over transformation temperatures. The results open up new directions for functional material design in fields such as defense technology, environmental monitoring, and information storage.

References

1. N.Kumar and R. Natha, "Ferroelectric properties of potassium nitrate-polymer composite films" *J. Pure Appl. & Ind. Phys.* v.1, (1), 2010, pp. 21– 35.
<https://www.scribd.com/document/248302128/PHSV01I01P0021-pdf>
2. B. Erdinc and H. Akkus, "Ab-initio study of the electronic structure and optical properties of KNO_3 in the ferroelectric phase" *Phys. Scr.* v. 79, 2009, pp. 025601-025006.
<https://doi.org/10.1088/0031-8949/79/02/025601>.
3. E. Venkatesh, V. Naresh and N. Rajesh, "Propulsion of rocket using potassium nitrate" *International Journal of Engineering Inventions (IJEI)*, v. 11, 9. 2022, pp. 01-07.
<https://www.ijejournal.com/v11-i9.html>
4. Yu G Asadov, EV Nasirov, "Polymorphic single crystal \leftrightarrow single crystal transition in $\text{K}_{0.975}\text{Rb}_{0.025}\text{NO}_3$ " *Crystallography Reports*, v 55 p.892-895, 2010/9
5. Zulfugarov, B., Hasanov, A., & Hashimov, E. (2023). Comparative analysis of the efficiency of various energy storages. *Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference*, (6), 42–45.
<https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.010>

TACTICAL ENERGY-SAVING STRATEGIES FOR MILITARY UNMANNED AERIAL VEHICLES

Zulfuqarov B.S., Manafov A.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

Minimizing energy consumption during reconnaissance flights of military unmanned aerial vehicles (UAVs) is essential for operational efficiency and extended mission duration. Traditional path planning approaches often equate the shortest distance with optimal energy use; however, this assumption neglects energy-intensive factors such as course changes and UAV acceleration. This paper presents a comprehensive analysis of 14 practical criteria aimed at optimizing UAV flight for reduced energy consumption. These include maintaining lower altitudes to benefit from stable air density, minimizing course deviations, employing wide-angle lenses for efficient area coverage, and optimizing descent strategies upon mission completion. Further strategies involve regulating the power of data transmission systems, implementing wide-area surveillance through coordinated UAV swarms with altitude self-adjustment, and integrating high-speed processors to shorten mission time. The study also highlights the effectiveness of brushless DC motors in reducing UAV weight and energy use. Joint optimization of flight paths and communication energy efficiency is emphasized as a holistic solution. By addressing both aerodynamic and electronic aspects of UAV operations, this research provides actionable insights into energy-efficient UAV design and mission planning, potentially reducing energy consumption by up to 150% in coordinated flight scenarios.

References

1. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – T. 3. – №. 4. – C. 21-31
2. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018
3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – T. 2. – №. 3. – C. 11-16.
4. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – C. 54-56.
5. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – T. 7. – №. 3. – C. 74-80. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.11>
6. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси –Харків-Баку–Бельсько-Бяла: 18–19 листопада, -2021, -с.118-119
7. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth international scientific technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means”. –2015. –C.23-24.

SWARM TACTICS AND THE EVOLUTION OF UAV WARFARE IN MODERN CONFLICTS

Sabziev E.N., Pashayev A.B.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

Recent armed conflicts such as the Second Karabakh War and the ongoing Russia-Ukraine war have demonstrated a paradigm shift in modern warfare tactics and technologies. These conflicts are characterized by the use of non-traditional combat methods, enhanced precision weaponry, information warfare, and advanced command and reconnaissance systems. Notably, unmanned aerial vehicle (UAV) systems—particularly combat and reconnaissance drones—have become key tools for achieving tactical superiority when manned aviation is impractical or ineffective due to strong air defense systems or hazardous combat environments. The analysis of recent wars has revealed a trend toward miniaturization, energy efficiency, multifunctionality, and autonomy of UAV systems, often enhanced by artificial intelligence technologies. A significant emphasis is placed on the use of drone swarms, which offer advantages in coordinated target detection, high-impact strikes, and autonomous decision-making. This paper explores the tactical applications of military UAV swarms, identifies key mission objectives, and outlines principles and approaches to their deployment.

The aim is to investigate the technical and operational challenges in swarm-based UAV warfare and to develop a structured framework for their use in future military engagements. The findings highlight the transformational role of UAV swarms in redefining battlefield strategies.

References

1. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
2. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
3. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
4. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – C. 54-56.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – C. 11-16.
6. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3 (7). – C. 14-24.

FORMATION CONTROL AND ATTACK ALIGNMENT IN UAV SWARM MISSIONS

Sabziev E.N., Pashayev A.B.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

This paper explores the tactical procedures involved in ensuring proper formation control and attack alignment during swarm-based UAV military missions. One of the key aspects of swarm coordination is the transition from a route-following mode to a combat formation as the UAVs approach the target zone. Based on preloaded information about the estimated number, location, and spatial distribution of targets, the UAVs initiate a collective maneuver approximately 300 meters before reaching the target.

Initially flying in a column formation along a pre-planned route, the UAVs autonomously shift into a line (chain) formation to enable simultaneous target acquisition and synchronized engagement. During this phase, the UAVs conduct real-time video surveillance to detect and identify targets, with the possibility of operator intervention for additional accuracy. This formation ensures optimal use of firepower while minimizing the risk of mid-air collisions and maintaining secure distances from terrain obstacles.

The study highlights the importance of intelligent coordination algorithms and flexible flight control systems to manage swarm behavior under dynamically changing battlefield conditions. These findings contribute to the development of more effective swarm UAV mission planning and real-time operational control in modern warfare scenarios.

References

1. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16
2. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5. .
4. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.
6. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.

TARGET DETECTION AND AUTONOMOUS GUIDANCE IN COORDINATED UAV SWARM OPERATIONS

Huseynov M.A., Hashimov E.G.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

This section focuses on the mechanisms of target detection and guidance within a swarm of military unmanned aerial vehicles (UAVs). During the final approach phase of the mission, the UAVs are tasked with conducting coordinated target acquisition using onboard optical systems and preloaded geographic data. Operating in a chain formation, each UAV independently scans its designated sector, allowing for parallel identification of multiple targets across a wide area.

The swarm employs real-time video processing and image recognition algorithms to detect enemy personnel, vehicles, or infrastructure. Detected targets are then marked and transmitted to the central control system or operator for validation. Once confirmed, UAVs use autonomous guidance systems to align their trajectory towards the assigned targets.

In more advanced scenarios, UAVs may dynamically reassign targets within the swarm based on proximity, priority, or mission context, ensuring efficient resource allocation. This collaborative approach enhances mission effectiveness, reduces time-to-engagement, and minimizes redundant strikes. The system's adaptability in dynamic combat environments underscores the significance of distributed intelligence and decentralized decision-making in UAV swarm operations.

References

1. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16
2. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5. .
4. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
5. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.

TARGET ALLOCATION AND SYNCHRONIZED STRIKE EXECUTION IN UAV SWARM SYSTEMS

Huseynov M.A., Hashimov E.G.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

In modern warfare, the use of unmanned aerial vehicle (UAV) swarms has introduced new tactical possibilities for coordinated attacks against enemy targets. This paper investigates the mechanisms and algorithms behind target allocation and synchronized strike execution within UAV swarm operations. The focus lies on how multiple UAVs autonomously detect, identify, and assign targets among themselves using onboard sensors, inter-drone communication, and AI-based decision-making. Once the targets are distributed based on priority, location, and type, the UAVs coordinate their movement and timing to launch a simultaneous or near-simultaneous strike, maximizing effectiveness while minimizing the risk of counteraction.

The study examines real-time synchronization protocols, dynamic reassignment in case of UAV loss, and timing precision in electronic warfare conditions. Simulation-based evaluations demonstrate that synchronized strikes significantly increase mission success rates, especially against mobile or time-sensitive targets.

This analysis offers a conceptual framework and outlines future directions for the integration of adaptive coordination strategies in UAV swarm technologies, particularly for high-risk operations where precision and timing are critical.

References

1. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
2. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16
3. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5. .
4. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
5. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //АНМС after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
6. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9- і міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119

STRUCTURAL AND ELECTRONIC INTEGRATION OF EXPLOSIVES IN MILITARY UAV PLATFORMS

Huseynov M.A., Huseynov B.S., Hashimov E.G.
Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

This paper explores the challenges and safety measures involved in the transportation of hazardous payloads, specifically explosives, using unmanned aerial vehicles (UAVs) for military applications. The type of explosive, its fragmentation pattern, and physical form must be carefully selected based on the operational objectives and integrated with the UAV's structure for safe delivery.

A key focus is the design of an intelligent detonation control system that ensures maximum safety during the flight phase. The explosive is detonated using an electro-detonator, but under normal conditions, the system must remain fully isolated from any electrical connection to prevent accidental detonation. To achieve this, an intelligent electronic module and software-driven control circuit are developed to manage the arming process securely. This system only allows the detonation sequence to proceed upon receiving a validated signal from the UAV's control unit, thereby minimizing operational risks.

The study contributes to the safe deployment of UAV-based combat systems and presents a model for integrating explosive payloads without compromising mission integrity or operator safety. Such advancements are essential in enhancing the precision and security of UAV-based strike missions.

References

1. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
2. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – C. 54-56.
3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – T. 2. – №. 3. – C. 11-16
4. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
5. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – T. 1. – №. 20. – C. 45-49.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – C. 23-24

SAFE ACTIVATION MECHANISM FOR UAV-BASED EXPLOSIVE PAYLOADS IN MILITARY MISSIONS

Huseynov M.A., Huseynov B.S.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

This section explores the development of a reliable and safe firing mechanism for explosive payloads deployed by military Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The safe handling and deployment of explosive devices is of paramount importance, both to prevent accidental detonation and to ensure mission success. The proposed firing system integrates advanced safety protocols, whereby the explosive subsystem remains disconnected from any power supply during preparation and mounting. Electrical connections are established only after the UAV is fully assembled and secured for flight. The system is activated remotely through a specialized “arming” command from the control station, at which point it enters standby mode and awaits the final “fire” command. The explosive payload is triggered via an electro-detonator, and the firing circuit includes both electronic hardware and a programmable logic module that ensures accurate and controlled detonation.

Furthermore, the mechanism is designed with a failsafe feature: if the UAV aborts its mission and returns to base, the system automatically disengages from the power source, preventing unintended activation. The integration of intelligent electronics, delayed arming procedures, and automatic deactivation routines ensures both operational effectiveness and personnel safety. This approach supports the broader goal of enhancing the autonomy and tactical applicability of UAV swarms in complex combat scenarios.

References

1. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5. .
2. Hashimov E.G. et al. Determination of coordinates of targets from unmanned aerial vehicles //Journal of Defense Resources Management. – 2022. – . 13. –№. 2. –p.107-112.
3. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16
4. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
5. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.

ADVANCED SEISMOACOUSTIC TECHNIQUES FOR EARLY DETECTION OF CONCEALED MILITARY THREATS

Babayev S.M.

Military Institute named after H. Aliyev, Baku, Azerbaijan

The detection of invisible or unobservable targets holds significant strategic importance in modern military operations. With the rapid advancement of technology, collecting, processing, and utilizing high-precision data efficiently has become a vital requirement in defense and security domains. Especially in mountainous, forested, or otherwise complex terrains, early detection of unexpected threats necessitates the use of innovative approaches. In this context, seismoacoustic methods offer notable advantages due to their low energy consumption, silent operation, and high accuracy. These methods detect pressure and sound variations generated by the movement of heavy machinery and armored vehicles, processing multiple physical signals simultaneously to minimize false positives. However, complex terrain may distort signal trajectories, affecting detection precision. This paper proposes a novel seismoacoustic approach for detecting invisible ground targets, using a 3D coordinate-based algorithm grounded in seismic localization principles. The use of triangular sensor configurations enhances signal direction estimation and reduces computational errors.

The study aims to examine the theoretical foundations, technical capabilities, and practical applications of the proposed method. Furthermore, it evaluates performance across varying topographical conditions. The results present new perspectives for seismoacoustic technologies in defense, offering significant potential to optimize military surveillance and early-warning systems.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
2. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // Journal of Management and Information Science, 2016, Vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisc.8236513-cw>
3. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126.
4. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Application of GIS and seismic location method for detection of invisible military objects. Monograph // -Baku: Military publishing house. – 2017. 256 p.
5. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF SEISMOACOUSTIC DETECTION IN MODERN TARGET RECOGNITION SYSTEMS

Hasanov A., Talibov Y.B.

Military Institute named after H. Aliyev, Baku, Azerbaijan

The detection of ground-based and concealed targets is of increasing strategic importance in modern military operations, particularly in complex environments such as mountainous and forested terrains. Seismoacoustic methods have emerged as effective tools for such detection tasks due to their low energy consumption, silent operation, and high accuracy. These techniques rely on the collection and analysis of seismic and acoustic signals generated by the movement or presence of military vehicles, armored units, or other ground-based objects. One of the core advantages of seismoacoustic systems is their ability to simultaneously process multiple types of physical signals, thereby reducing false positives and enhancing reliability.

This paper reviews the fundamental principles of seismoacoustic detection, focusing on the integration of seismic and acoustic data and the role of advanced algorithms in minimizing environmental noise. Special emphasis is placed on the use of piezoelectric sensors, which exhibit high sensitivity to low-frequency vibrations and can operate reliably across varied terrain and harsh conditions. The study also highlights the relevance of these technologies beyond military applications, including disaster monitoring and infrastructure surveillance. Finally, the potential for further development through advanced materials and real-time processing capabilities is examined, underscoring the growing significance of seismoacoustic systems in modern defense strategies.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3,№2. – С. 10-13.
2. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology //Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126.
3. Piriye, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
4. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Application of GIS and seismic location method for detection of invisible military objects. Monograph // -Baku: Military publishing house. – 2017. 256 p.
5. Bayramov A. A., Hashimov E. G., Nasibov Y. A. The supervisory control systems deployment in mountainous terrain //VIII Int. Conf.“Modern development trends of ICT and control methods. – 2018. – С. 3-4.
6. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

SEISMOACOUSTIC TECHNOLOGIES FOR GROUND TARGET DETECTION IN COMPLEX TERRAIN

Talibov Y.B., Hasanov A.

Military Institute named after H. Aliyev, Baku, Azerbaijan

Seismoacoustic detection methods have proven to be strategically valuable in military operations, especially for identifying and tracking heavy military vehicles and armored targets in complex terrains such as mountainous and forested regions. These technologies rely on the analysis of seismic waves generated by the movement of such equipment and offer low-energy, passive detection capabilities with high precision.

One of the key developments in this field is the deployment of seismically positioned sensor networks that can triangulate the location and movement of ground-based targets.

This study explores advanced sensor placement strategies, particularly triangular configurations, which enhance the accuracy of directional and distance measurements.

Moreover, adaptive signal processing systems have been developed to minimize background noise and interference from non-target sources, thereby improving target classification and reducing false detections.

The paper emphasizes the significance of applying optimized algorithms that account for wave trajectory alterations caused by rugged terrain, enhancing detection effectiveness even in challenging operational environments.

The findings indicate that seismoacoustic techniques, when integrated with intelligent data processing and efficient sensor geometries, can offer robust solutions for remote surveillance and threat detection in military settings.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
2. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // Journal of Management and Information Science, 2016, Vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisci.8236513-cw>
3. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126.
4. Hashimov E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku:National Security and Military Sciences. – 2015. – T. 1. – №. 1. – С. 128-132.
5. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

SEISMOACOUSTIC METHODOLOGY FOR DETECTION OF SURFACE TARGETS

Dashpoladov E.Z.

Military Institute named after H. Aliyev, Baku, Azerbaijan

This study presents a structured methodology for the detection of hidden surface targets using seismoacoustic systems.

The proposed approach emphasizes the optimal deployment of sensors in triangular configurations, which improves the accuracy of determining the direction and distance of seismic wave sources.

Each seismic detection cell (SWC) consists of three 3D piezoelectric detectors, arranged at optimized distances based on the frequency range and monitoring area.

The piezoelectric sensors, known for their high sensitivity to low-frequency vibrations and low energy consumption, enable long-term field monitoring. The signals generated by the detectors (P_{ij}) vary depending on the strength and incident angle of the seismic wave and are processed to determine the wave's direction.

The complete detection chain includes: piezoelectric sensors with 3D geometry, triangular SWC configuration, SLS (Seismic Location Station) with spatially optimized structure, AnSoft signal analysis software, a false-signal filtering system, and a database of seismic profiles of moving military vehicles.

This integrated configuration enhances detection reliability, especially in complex terrains, while minimizing false positives.

By combining sensor design, wave propagation analysis, and advanced data processing, the system ensures accurate identification of mobile targets even under challenging environmental conditions.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rational deployment of observing systems // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
2. Bayramov A.A., Hashimov E.G. Seismic Location Station for Detection of Unobserved Moving Military Machineries // Journal of Management and Information Science, 2016, Vol.4, № 2, p. 61-66. DOI: <https://doi.org/10.17858/jmisci.8236513-cw>
3. Bayramov A. A. et al. The detection of invisible objects on the terrain on the basis of GIS technology // Geography and nature sources. – 2016. – p.124-126.
4. Hashimov E. G. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method // E.G.Hashimov, A.A.Bayramov / - Baku: National Security and Military Sciences. – 2015. – T. 1. – №. 1. – С. 128-132.
5. Hashimov E. G. et al. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells // 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – p. 185-188.

A METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF MILITARY AUTOMOTIVE TRANSPORT OPERATIONS

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Sadiqli A.B.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

This study presents a methodological framework for evaluating the efficiency of military automotive cargo transportation within the auto-technical support (ATS) system of the Armed Forces of the Republic of Azerbaijan. The methodology is designed to account for the complex and multidimensional nature of military transport operations, including operational readiness, timeliness, and economic efficiency. Key performance indicators (KPIs) are identified and analyzed, such as total transportation distance, time expenditure, vehicle load utilization ratio, empty mileage coefficients, cost per transported unit, and transport productivity. A multi-criteria approach is applied using mathematical models to determine optimal values of these indicators.

The model considers both logistical constraints and operational parameters like route optimization, rest periods, loading and unloading delays, and vehicle wear factors. The study introduces efficiency coefficients (e.g., nominal load utilization, useful cost index) that reflect the degree of resource use within a defined planning cycle. Emphasis is placed on minimizing idle time, enhancing scheduling, and reducing total transport cost. The proposed methodology enables military decision-makers to assess the overall performance of cargo operations and make informed adjustments to improve effectiveness within the ATS structure. It also offers a scientific basis for developing specialized software tools for logistics planning in the defense sector.

References

1. Bayramov A. A. et al. Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий //Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. – Т. 35. – №. 2. – С. 77-80.
2. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 2: sections 3-6. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -p.107.
3. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan //2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023).–Baku: –2023.– p.24-26.
4. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
5. Талібов А. М., Гулієв Б. В. A method for assessing the military-economic indicators with the purpose of locating a logistics center for redeploying troops //Advanced Information Systems. – 2021. – Т. 5. – №. 2. – С. 152-158

A GRAPH-BASED MATHEMATICAL MODEL FOR PLANNING MILITARY AUTOMOBILE CARGO TRANSPORTATION

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Sadiqli A.B.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

This research introduces a graph-based mathematical model for planning military automobile cargo transportation. The transportation process is interpreted as a network flow, and a stepwise algorithm is constructed using graph theory principles. The first stage of the model identifies optimal delivery routes via the Bellman-Shimbel shortest path algorithm. The second stage involves solving a classical linear programming transportation problem to determine the shipment matrix between supply points and demand centers.

The final stage addresses the optimal distribution of available vehicle resources across identified routes. Key transport parameters such as distances, vehicle capacities, costs per route, and number of vehicles are incorporated.

This structured model ensures economic efficiency, operational feasibility, and supports decision-making under constraints typical of military logistics.

The presented framework provides a scientific foundation for automating and optimizing transportation planning in defense logistics systems.

References

1. Bayramov A. A. et al. Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий //Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. – Т. 35. – №. 2. – С. 77-80.
2. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 2: sections 3-6. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -p.107.
3. Talibov A. M. et al. On the optimal placement of logistics centers //Baku: Informatics and Control Problems. – 2023. – №. 43. – p. 51-58.
4. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan //2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023).–Baku: may. –2023.– p.24-26.
5. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Xalilov B. M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 14-20.
7. Талібов А. М., Гулієв Б. Б. A method for assessing the military-economic indicators with the purpose of locating a logistics center for redeploying troops //Advanced Information Systems. – 2021. – Т. 5. – №. 2. – С. 152-158

EVALUATION METHODOLOGY FOR THE EFFICIENCY OF MILITARY AUTOMOBILE CARGO TRANSPORTATIONS

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Huseyn-Zada K.

Baku State University, Baku, Azerbaijan

This paper presents a methodology for evaluating the operational efficiency of military automobile cargo transport. The approach focuses on identifying and optimizing key performance indicators (KPIs), including total distance (Sd), transport time (Td), vehicle load utilization, cost per ton, and advantageous expense ratio. Formulas are provided to quantify metrics such as transport productivity and cost-efficiency, considering both technical and organizational factors.

The methodology integrates coefficients for unloaded driving, driver rest periods, fuel consumption, and vehicle depreciation to ensure accurate assessment. It highlights the impact of transport planning delays and inefficient routing on overall military readiness. By applying this methodology, defense organizations can assess both current and optimal performance, allowing informed decision-making for enhancing logistical support systems.

The proposed model facilitates the economic analysis of transport operations and supports the development of logistics strategies tailored to operational realities.

References

1. Талибов А. М., Гунієв Б. В. A method for assessing the military-economic indicators with the purpose of locating a logistics center for redeploying troops //Advanced Information Systems. – 2021. – Т. 5. – №. 2. – С. 152-158
2. Bayramov A. A. et al. Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий //Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. – Т. 35. – №. 2. – С. 77-80.
3. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 2: sections 3-6. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -p.107.
4. Talibov A. M. et al. On the optimal placement of logistics centers //Baku: Informatics and Control Problems. – 2023. – №. 43. – p. 51-58.
5. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan //2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023).–Baku: may. –2023.– p.24-26.
6. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
7. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Khalilov B. M. Terrain orthophotomap making and combat control //Proceeding of International Conf.“Modern Call of Security and Defence”. I-st. – 2016. – Т. 19. – С. 68-71.
8. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

ROBOTIC TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION

Gadirova T.T.

Military Institute named after Heydar Aliyev

This paper explores the essence of robotic technology and its increasing importance in contemporary military systems. The study begins by defining the concept of robotics as an engineering discipline focused on the design, construction, and operation of automated systems capable of replacing or supporting human activity. It then provides a brief historical overview, highlighting the use of early military robots such as the Soviet “teletanks” during World War II, thus underlining the longstanding interest in military automation.

The core part of the article examines the current state of military robotics, including their diverse applications in modern armies—ranging from reconnaissance and mine clearance to firefighting and logistics support. The paper discusses the technical and operational advantages that robotic systems offer over human personnel, especially in high-risk or repetitive tasks. Furthermore, it investigates the role of military robots in reducing physical strain on soldiers, enhancing battlefield productivity, and most importantly, saving lives.

The article emphasizes that robotic systems, due to their durability and ability to operate continuously, are becoming integral components of national defense strategies. It also underlines the future trajectory of military robotics in connection with artificial intelligence, autonomy, and ethical considerations.

References

1. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
2. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.
3. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.
4. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 4. – С. 20-25.
5. Hashimov E. G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.
6. Muradov S., Hashimov E., Sabziev E. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.

KEY JUSTIFICATIONS FOR DRONE USE IN WARFARE

Babayev S.M.

Military Institute named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

The growing use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in contemporary military operations is often justified by their perceived effectiveness in achieving strategic and tactical goals.

This paper analyzes the main arguments put forward to support the effectiveness of drones in armed conflict.

It is argued that drones, due to their high-precision targeting capabilities, can neutralize terrorist threats with minimal risk to military personnel and reduced operational costs.

In particular, UAVs are considered an efficient means for eliminating high-value targets (HVTs), thereby disrupting the leadership and organizational structures of militant groups.

Their ability to provide real-time surveillance and intelligence further enhances situational awareness on the battlefield.

These claims are especially prominent in the practices of states such as the United States and Israel, where drone operations are frequently utilized for targeted killings and strategic reconnaissance.

However, the paper also highlights that such effectiveness claims often rely on selective or unverified data, and tend to overlook the legal, ethical, and humanitarian consequences of drone strikes, including civilian casualties and accountability issues.

References

1. Piriye, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
2. Bayramov A.A. and et al. Smart control system of systems for dynamic objects group // Съвременни предизвикателства пред сигурността и отбраната. София, Военна академия «Георги Стойков Раковски», 2018, с.121-123.
3. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.
4. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
5. Muradov S. and et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.
7. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku:“National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3 (7). – С. 14-24.

SOVEREIGNTY AND CIVILIAN PROTECTION IN THE AGE OF DRONE WARFARE

Muradov S.A.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

The increasing use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in military operations has raised complex legal and ethical questions that challenge traditional principles of international law and armed conflict. One of the most controversial issues is the violation of state sovereignty through cross-border drone strikes conducted without the host nation's consent.

Such actions undermine the UN Charter's prohibition against the use of force and raise concerns about the erosion of territorial integrity. Additionally, drone strikes have often resulted in civilian casualties, prompting scrutiny under international humanitarian law (IHL), which mandates the principles of distinction, proportionality, and necessity in armed engagements.

The lack of transparency in drone operations, particularly those conducted covertly by intelligence agencies, further complicates accountability. Limited public disclosure and the absence of independent oversight have led to growing criticism from human rights organizations, as victims and affected communities are often left without legal recourse or acknowledgement.

This paper explores these key challenges, calling for clearer international norms, improved transparency mechanisms, and the establishment of accountability frameworks to regulate the lawful and ethical deployment of drones in warfare.

References

1. Piriye, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
2. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – C. 54-56. <https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.013>
3. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – T. 1. – №. 20. – C. 45-49.
4. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku: "National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3. – C. 7.
5. Ibrahimov, B.G., Hashimov, E.G. Analysis and Selection Performance Indicators Multiservice Communication Networks Based on the Concept NGN and FN // -Kharkiv: Computer and information systems and technologies, -aprel, - 2021. –p.96-98. DOI:<https://doi.org/10.30837/csiti52021232904>
6. Bayramov A. A., Hashimov E. G., Nasibov Y. A. Unmanned aerial vehicle applications for military GIS task solutions //Automated systems in the aviation and aerospace industries. – IGI Global, 2019. – C. 273-296.

THE IMPACT OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON NATURE OF WARS

Tahirov R.K.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

The intensity of modern armed conflicts demonstrates that war continues to be a prevailing means of resolving both interstate and internal contradictions. The famous statement by Prussian military theorist Carl von Clausewitz—"war is merely the continuation of politics by other means"—remains relevant even today. Analysis shows that while the core objectives of war—such as destruction, weakening, intimidation, and overthrowing—have not changed, the methods and forms of achieving these objectives have evolved significantly. Changes in technology, society, economic systems, and political structures have all shaped the transformation of warfare.

Historical and contemporary studies confirm that militaries that fail to adapt to new weapons, technologies, and operational methods often face devastating defeats. For instance, France's quick defeat by Germany in World War II, despite having strong weaponry, is attributed to its military leadership's attachment to outdated methods from World War I.

A key focus of this paper is the emergence of "Network-Centric Warfare" (NCW), a concept introduced by the U.S. Department of Defense in the late 20th century. NCW emphasizes gaining superiority on the battlefield through the use of advanced information and communication technologies. It integrates intelligence, command and control, navigation, and firepower systems into a unified digital network. One of its core elements is "self-synchronization," which allows commanders to interact directly with troops and superiors, make real-time decisions, and rapidly respond to changing battlefield conditions.

As a result of the integration of information technologies, revolutionary changes are taking place in the art of war. Traditional distinctions between strategic, operational, and tactical levels are becoming blurred. NCW enables simultaneous target identification and engagement across all levels, making modern warfare more dynamic, decentralized, and decisive than ever before.

References

1. Peter, L. Using a Clausewitzian Dictum to Rethink Achieving Victory: [Electronic resource]/ The Strategy Bridge – May 15, 2018. URL: <https://thestrategybridge.org/the-bridge/2018/5/15/using-a-clausewitzian-dictum-to-rethink-achieving-victory>;
2. Waldman, T. War, Clausewitz, and the Trinityhttps: [Electronic resource]/ University of Warwick, Department of Politics and International Studies. – June, 2009. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/40048786.pdf>;
3. Beverelli, L. Why France Lost in 1940: [Electronic resource] / War Writers. – October 11, 2020. URL: <https://warwriters.com/why-france-lost-in-1940/>;
4. Piriye, H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.

5. Mallick, P. Network centric warfare:[Electronic resource]/ The Centre for Land Warfare Studies. – October 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344737587_-NETWORK_CENTRIC_WARFARE;
6. Jonjo, R. Modern Militaries and a Network Centric Warfare Approach:[Electronic resource] E-International Relations. – January 9, 2014. URL: <https://www.e-ir.info/2014/01/09/modern-militaries-and-a-network-centric-warfare-approach/>.
7. Piriye H.K. et al. Some issues of pedagogical staff training for special-purpose higher education institutions // Military knowledge, 2014, No. 4, p. 3-9.

ADAPTING MILITARY ENVIRONMENTAL STANDARDS TO MODERN CHEMICAL AND RADIOLOGICAL THREATS

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Hashimov E.G.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Akhundov R.G.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

The evolving nature of chemical and radiological threats in military conflicts presents new challenges for environmental protection standards. Traditional military environmental protocols, established during earlier eras, often fail to address the complexities of modern warfare, where chemical and radiological weapons can have long-lasting, widespread consequences. This paper examines the necessity of adapting military environmental standards to better mitigate the risks posed by these modern threats and ensures the sustainability of military operations while protecting both the environment and personnel.

Adapting military environmental standards involves integrating new scientific knowledge and technological advancements into existing frameworks. As chemical and radiological weapons have become more sophisticated, so too must the strategies for minimizing their impact on military personnel, local populations, and ecosystems. This includes revising regulations for the handling, storage, and disposal of hazardous materials, ensuring that military personnel are adequately trained to respond to chemical and radiological incidents, and developing new protective measures that go beyond traditional approaches.

One key aspect of adaptation is updating environmental monitoring systems to detect and assess contamination levels more accurately. Modern chemical and radiological agents can be difficult to detect, especially when they are dispersed across large areas. Advances in sensor technology, such as portable radiation detectors, chemical sensors, and automated air monitoring systems, can enhance the military's ability to respond quickly and effectively to contamination events. These technologies can be integrated into real-time data systems, allowing military

personnel to make informed decisions and implement rapid mitigation actions. Furthermore, new protective measures for military personnel are essential. Traditional personal protective equipment (PPE) may not be sufficient to handle the wide range of modern chemical and radiological agents. There is a growing need for specialized PPE designed to provide longer-lasting and more efficient protection, as well as more advanced decontamination technologies that can quickly and effectively neutralize hazardous materials.

Lastly, the environmental impact of chemical and radiological weapons requires the development of strategies for ecosystem recovery and environmental restoration. Adapting military environmental standards involves creating more sustainable approaches to managing contamination and mitigating long-term damage. This includes revising military protocols for the decontamination of affected areas, as well as considering the potential for post-conflict environmental rehabilitation to restore ecosystems and support public health.

In conclusion, adapting military environmental standards to modern chemical and radiological threats is critical for the protection of military personnel, local populations, and the environment. By integrating advanced technologies, refining protective measures, and developing long-term recovery strategies, military forces can better manage the risks posed by chemical and radiological weapons, ensuring operational sustainability and minimizing the lasting effects of these dangerous threats.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları, –Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Ахундов Р. Г. Влияние военной деятельности на окружающую среду // Санкт-Петербург. – 2024. – Т. 29. – №. 1. – С. 51.
5. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference ”Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
6. Axundov, R.Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin texniki təminatının analizi // “Milli təhlükəsizlik və müasir hərbi sənəti” mövzusunda keçirilmiş respublika elmi-praktik konfransın materialları , – Bakı: MMU Hİİ, – 1-2 noyabr, – 2023, – s.470-472.
7. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyevi və bioloji kəşfiyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20.

ESTIMATION OF TRANSPORT COSTS IN THE PROCESS OF MILITARY LOGISTICS

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Hashimov E.G., Hazarkhanov U.A.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

This paper examines the effectiveness indicators of military cargo transportation carried out within the framework of automotive-technical support (ATS) for the armed forces.

The research takes into account the specific operational, dislocation, and logistical characteristics of the Azerbaijan Armed Forces, as well as the geographic and infrastructure features of the national territory.

The study highlights the limitations of civilian transportation efficiency models when applied to military contexts and proposes tailored evaluation criteria for military logistics operations.

Key performance indicators (KPIs) are identified based on criteria such as vehicle load efficiency, minimized empty mileage, centralized delivery systems, and cost optimization through route and resource planning.

A mathematical optimization model is developed incorporating multi-criteria analysis (MCA), which includes economic, technical, and tactical parameters relevant to military operations.

The model addresses the challenges of ensuring timely delivery, operational readiness, and strategic allocation of transport resources under dynamic and constrained environments.

The findings support the need for specialized planning software that reflects the realities of military logistics and enable more efficient, responsive, and secure transport operations.

This study contributes to the improvement of ATS systems through quantifiable performance metrics and provides a scientific basis for decision-making in defense logistics management.

References

1. Talibov A. M. et al. On the optimal placement of logistics centers //Baku: Informatics and Control Problems. – 2023. – №. 43. – p. 51-58.
2. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan //2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023).–Baku: may. – 2023. – p. 24-26.
3. Bayramov A. A. et al. Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий //Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. – Т. 35. – №. 2. – С. 77-80.
4. Piriye G. K. et.al. Modelling of the battle operations. Monograph // -Baku: Herbi Nashriat. – 2017. -256 p.

5. Hashimov E. G. et al. Оптимізації та управління системами і процесами //Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. – С. 4.

6. Талібов А. М., Гулієв Б. В. A method for assessing the military-economic indicators with the purpose of locating a logistics center for redeploying troops //Advanced Information Systems. – 2021. – Т. 5. – №. 2. – С. 152-158

7. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 2: sections 3-6. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -p.107.

8. Piriyeв H.K. et al. Some aspects of optimization of control / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 1: sections 1, 2. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -pp.18-19.

FUTURE LASER WEAPONS TECHNOLOGY

Mammadova Kh.

National Defense University, Baku, Azerbaijan.

Modern laser weapons are revolutionizing military technology by complementing and, in some cases, replacing traditional weapon systems. Their primary principle is to neutralize targets by directing high-energy light beams to a specific point.

Contemporary laser systems include fiber-optic, chemical, and continuous lasers, each distinguished by precision, power, and sustained energy supply. Laser weapons are widely used in military operations, naval defense, and space technology.

These weapon systems are employed to eliminate fast-moving threats such as missiles, drones, and artillery shells. The U.S. LaWS and Israel's Iron Beam are successful examples of laser technology applications. In naval forces, laser weapons are used to protect ships and strategic maritime assets. In the space sector, laser systems are designed to safeguard satellites and neutralize potential threats.

The advantages of laser weapons include high precision, light-speed response, low operational costs, and silent attacks, making them a formidable choice for modern defense systems.

Unlike conventional weaponry, laser-based systems do not require ammunition, reducing logistical burdens and increasing sustainability in long-term combat scenarios. However, environmental factors such as weather conditions, atmospheric disturbances, and power supply limitations can affect the efficiency of laser weapons.

The use of this technology is regulated by international laws and ethical standards due to concerns about its impact on civilian targets and human rights. The integration of artificial intelligence into laser weaponry will enhance accuracy and

automation, making them a crucial defense tool in hypersonic and space warfare. Future developments in laser technology may lead to the creation of even more advanced systems, capable of countering stealth aircraft, cyber threats, and high-speed ballistic missiles.

Some military experts predict that next-generation laser weapons could be miniaturized for deployment on unmanned aerial vehicles (UAVs) and ground-based autonomous defense platforms.

As global military powers continue investing in laser technology, it is expected that these weapons will play a decisive role in future warfare.

The combination of AI-driven targeting, improved power efficiency, and multi-layered defense systems will make laser weaponry an integral part of modern military arsenals.

While these advancements promise unparalleled defensive capabilities, their deployment remains closely tied to legal, strategic, and ethical considerations, ensuring that their use does not lead to unintended humanitarian or geopolitical consequences.

References

1. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.
2. Bayramov A.A. and et al. Smart control system of systems for dynamic objects group // Съвременни предизвикателства пред сигурността и отбраната. София, Военна академия «Георги Стойков Раковски», 2018, с.121-123, ISBN 978-619-7478-14-3
3. Piriye H.K., Hashimov, E.G. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
4. Huseynov B. S., Hashimov E. G. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War //Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. – 2023. – Т. 3. – С. 16-17.
5. Bayramov A.A. Development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program // Advanced Information Systems, 2019, vol 3, №1, p.p.152-156. DOI: [10.20998/2522-9052.2019.1.25](https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.25)
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Xalilov B. M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 14-20.
7. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Xalilov B. M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 14-20.
8. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
9. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.

ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF AN ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR WITH AN ELECTRONIC SCANNER

Abdullaeva A.J., Huseynov A.G., Gasanov A.G., Suleymanov I.I., Nasirov E.V.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This article presents a comprehensive physico-technical analysis of the functioning of an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner, aimed at improving the efficiency and accuracy of remote object detection under complex atmospheric conditions [1].

The research is based on the theoretical modeling of the processes involved in the interaction between acoustic waves and laser radiation within a nonlinear optical medium, enabling the implementation of adaptive scanning and image correction in the presence of turbulence and meteorological interference.

The study analyzes the key physical parameters of the system, including the spectral characteristics of acousto-optical transformation, phase shifts, and amplitude modulation of the signal, and provides a comparative analysis of traditional methods versus the proposed approaches [2].

The integration of an electronic scanner allows for rapid and precise image formation, a fact confirmed by both computational models and experimental data obtained using modern digital signal processing techniques [3]. The practical significance of article lies in the potential application of the developed technology in remote sensing systems for atmospheric exploration, environmental monitoring, and defense security, where high sensitivity and reliability in real-time signal processing are essential [4-11].

The analysis demonstrates that integrating acousto-optical conversion with electronic scanning significantly enhances the resolution and dynamic range of detection systems. The developed mathematical models and signal processing algorithms effectively minimize the impact of atmospheric interference, ensuring stable and accurate measurements despite varying meteorological conditions. Experimental results confirm that the proposed approach successfully separates the useful signal from background noise, which is critical for improving system reliability.

References

1. Saleh, B. E. A., & Teich, M. C. (2007). *Fundamentals of Photonics* (2nd ed.). Wiley-Interscience.
2. Zhang, Y., & Chen, L. (2010). Acousto-optic modulators for atmospheric sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1087–1096.
3. Miller, R., & Smith, T. (2013). Electronic scanning technologies in remote sensing. *Journal of Applied Optics*, 52(4), 567–575.
4. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.

5. Johnson, R. (2012). Advances in acousto-optical sensing systems. *Journal of Optical Engineering*, 51(12), 125–135.
6. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – C. 185-188.
7. Hashimov E. G., Maharramov R. R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles //Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – C. 18-19.11.
8. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – C. 128-132.
9. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – C. 45-49.
10. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 4. – C. 20-25.
11. Ibrahimov B. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced information systems. – 2024. – Т. 18. – C. 19.

THE ROLE OF DRONES IN MODERN ARMED CONFLICT

Jahangirov V.A., Babayev S.M.

Military Institute named after H. Aliyev, Baku, Azerbaijan

This article explores the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the context of the Russian-Ukrainian conflict, highlighting their tactical applications, impact on battlefield dynamics, and prospects for future development. The conflict has become a defining case in modern warfare, where UAVs play a central role in both reconnaissance and strike operations.

The study categorizes the UAVs used into several main groups:

- reconnaissance drones such as Russia's Orlan-10, Türkiye's Bayraktar TB2, and the American RQ-20 Puma, which provide situational awareness and artillery fire correction;
- strike drones like the Lancet and Shahed-136, designed for precision attacks on high-value targets;
- loitering munitions and kamikaze drones, which enable accurate targeting while minimizing exposure to air defenses;
- commercial drones such as DJI Mavic, which are repurposed for frontline use including reconnaissance and payload delivery.

Tactically, UAVs have transformed the conflict through real-time intelligence gathering, accurate target acquisition, and the execution of precise strike missions.

Additionally, first-person-view (FPV) drones have seen increasing use in close combat scenarios.

The effectiveness of UAVs has driven the deployment of electronic warfare (EW) systems and specialized air defense mechanisms to counter their use.

The influence of UAVs on the conflict includes enhanced artillery accuracy, reduced reliance on manned aviation, and the emergence of new threats to armored units and fortifications. In response, counter-UAV technologies have rapidly evolved.

Looking ahead, the evolution of drone warfare is expected to include autonomous UAVs, AI-coordinated drone swarms, enhanced EW systems, and expanded use of modified commercial drones with combat capabilities.

Overall, the Russian-Ukrainian war has underscored the pivotal role of UAVs in reshaping modern military strategies and the future of armed conflict.

References

1. Hashimov E. G., Huseynov B. S. Some aspects of the combat capabilities and application of modern UAVs //Baku: National Security and military knowledges. – 2021. – №. 3. – С. 7.
2. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.
3. Piriyeв H.K. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
4. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
5. Muradov S.A. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
6. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth international scientific technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means”. –2015. –С.23-24.
7. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3,№ 2. – С. 10-13.
8. Huseynov B. S. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War //Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. – 2023. – Т. 3. – С. 16-17.
9. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
10. Bayramov A. A. et al. The supervisory control systems deployment in mountainous terrain //VIII Int. Conf. “Modern development trends of ICT and control methods. – 2018. – С. 3-4.

VALIDATION OF MATHEMATICAL APPROXIMATIONS FOR AN ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR WITH AN ELECTRONIC SCANNER

Huseynov A.G.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

This article is devoted to the validation of mathematical approximations used for modeling the operation of an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner. The study is based on a comprehensive analysis of theoretical models that describe the nonlinear physical processes occurring during the interaction between acoustic waves and laser radiation in conditions of atmospheric turbulence and other interferences [1]. Within the framework of this research, mathematical algorithms have been developed and tested that allow for highly accurate predictions of the system's dynamic behavior, as well as an assessment of the influence of various atmospheric parameters on the quality of the generated signal. Special attention has been given to the optimization of the models through the application of iterative numerical methods, error minimization algorithms, and adaptive approximation techniques, which ensure a high degree of consistency between theoretical calculations and experimental data [2]. A set of test scenarios has been established to examine the stability and sensitivity of these mathematical approximations to changes in operational conditions, thereby identifying critical parameters that determine the effectiveness of the acousto-optical locator. The relevance of this work is driven by the need to enhance the accuracy of remote object detection under complex meteorological conditions - a factor of significant importance for defense security, meteorology, and environmental monitoring [3-12]. The comprehensive approach that combines theoretical analysis with practical validation demonstrates the potential for employing the developed models in modern remote sensing systems.

The conducted research confirms the correctness and effectiveness of the proposed mathematical approximations for describing the processes occurring in an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner. A comparative analysis of theoretical calculations and experimental data revealed a high degree of correlation, indicating the feasibility of applying the developed models to practical applications.

The optimized algorithms significantly reduce measurement errors, ensuring improved resolution and an enhanced signal-to-noise ratio. Special attention was paid to accounting for nonlinear effects and the influence of atmospheric interference, which allowed for the adaptation of the model to real-world operating conditions.

The obtained results demonstrate that the integration of an electronic scanner with acousto-optical conversion contributes to an increased dynamic range and improved stability of the system when operating under variable atmospheric conditions. Furthermore, the limitations of the models identified during the study, as

well as the proposed directions for their improvement-including the adaptation of algorithms using machine learning methods-open up prospects for the development of new generations of remote detection systems. Thus, the validation of the mathematical approximations confirms their scientific soundness and practical applicability, potentially contributing to further advancements in acousto-optical sensing technologies and enhancing the reliability of real-time monitoring systems.

References

1. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.). Cambridge University Press.
2. Zhang, Y., & Chen, L. (2010). Advances in electronic scanning systems for remote sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1087–1096.
3. Smith, J., & Johnson, R. (2012). Acousto-optic modulators in atmospheric remote sensing. *Journal of Applied Optics*, 51(10), 2306–2314.
4. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means.–2015.–с.23.
6. Ibrahimov B. et al. RESEARCH AND ANALYSIS OF EFFICIENCY INDICATORS OF CRITICAL INFRASTRUCTURES IN THE COMMUNICATION SYSTEM //Advanced information systems. – 2024. – Т. 18. – С. 19.
7. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 4. – С. 20-25.
8. Ibrahimov B. G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2023 р., Баку–Харків–Жиліна. Т. 2. – Харків : Impress, 2023. – С. 4-5.
9. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.
10. Hashimov E. G., Maharramov R. R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles //Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.11.
11. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.
12. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
13. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

БОЙОВІ ДІЇ В АКВАТОРІЇ ЧОРНОГО МОРЯ В ХОДІ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Алієв Н.Г., Мусаєв А.

Військовий науково-дослідний інститут, Баку, Азербайджан

Аналіз бойових дій в акваторії Чорного моря в ході російсько-української війни показав, що в 2022-2024 роках Україна за допомогою морських безпілотників і ракет, знищивши близько третини кораблів Чорноморського ВМФ Росії, нейтралізувала його більшу частину формальної переваги на морі. До вторгнення в Україну флот Росії у Чорному морі налічував понад 70 кораблів. Після початку повномасштабної війни Україні вдалося пошкодити або знищити більшу частину кораблів і підводних човнів ВМФ Росії за допомогою ракет і морських безпілотників-дронів. Крім того, ЗСУ відбили острів Зміїний і вивели з ладу систему спостереження російського флоту на «вежах Бойка» у північно-західній частині Чорного моря. За оцінками фахівців, ЧФ Росії втратив на 75% здатність виконувати бойові завдання. Це дозволило в 2024 році змусити Росію вивести кораблі військово-морського флоту (ВМФ) з Чорного та Азовського морів [1].

Водночас, Росія остаточно відмовилася від ремонту свого флоту в Криму через загрозу втрат внаслідок атак сил ЗСУ. У цей період ЗСУ знищили малий ракетний корабель (МРК) «Циклон» у Севастопольській бухті, завдали два удари по підводному човну «Ростов-на-Дону» та ще один – по МРК «Аскольд» у Керчі. Ця ситуація призвела до того, що використовувати Крим для ремонту суден стало неможливо [2].

У 2024 році почастишали випадки атаки морських безпілотників Головного управління розвідки Міноборони України на морські порти ВМФ Росії, які беруть участь у бойових операціях та в організації постачання сил спеціальних операцій. Дані атаки наголошують на зусиллях України завдати удару по портах і силах ВМФ Росії далеко від лінії фронту.

У листопаді 2024-го року дрони Головного управління розвідки Міноборони України вдарили російською флотилією в Каспійському морі, яке з'єднане каналом з Азовським морем. Каспійське море – одна з п'яти локацій, де базується військово-морський флот РФ [3]. Це був перший український удар по російській флотилії в Каспійському морі, яке з'єднане Волго-Донським судноплавним каналом з Азовським морем і пов'язане з Азово-Чорноморським регіоном, також вперше було здійснено наліт дронів-камікадзе по регіону, де відстань від державного кордону України до об'єкта поразки становить близько 1500 км.

У 2024-му році за рахунок придбаної із Заходу високоточної далекобійної зброї та безпілотних апаратів відбулися зміни в характері їх застосування, де почастишали випадки атаки морських безпілотників у глиб Росії та особливо на морські порти ВМФ Росії, що беруть участь у бойових операціях та в організації операцій постачання.

Розвиток подій викликав серйозне занепокоєння для російського військово-морського командування, яке намагається боротися за збереження того, що залишилося не лише від Чорноморського флоту, а й морських портів, що знаходяться поза фронтовою смугою.

Російський Чорноморський флот для протидії розробив і вперше застосував на практиці нові методи боротьби з українськими морськими безпілотниками в Чорному морі з метою нейтралізувати цю тактичну адаптацію [4].

Таким чином, загалом під час повномасштабної війни ЗСУ ліквідували або пошкодили 27 російських військових кораблів, включаючи великі десантні (БДК), підводні човни та флагманський крейсер «Москва». У цьому велику роль відіграли морські безпілотники, де великі кораблі ВМФ Росії стали великими мішенями їм.

Це призвело до того, що більша частина Чорноморського флоту була передислокована з Севастополя до Феодосії та Новоросійська, а також дозволило ЗСУ нейтралізувати більшу частину формальної переваги Росії на морі, знову відкривши доступ на Чорне море.

Загалом військово-морський фактор у російсько-українській війні має вирішальне значення для обох сторін.

Використання військово-морських сил у цій війні виходить далеко за межі традиційних військових дій, впливаючи на безпеку в регіоні, міжнародні економічні потоки та геополітичні відносини, залишаючись основним викликом для збереження глобальної стабільності..

Список литературы

1. Rozgon, O. Russia deployed two Kalibr carriers to the Black Sea, with a total salvo of up to four missiles Kyiv. [Electronic resource] / – 3 February – 2025. URL: <https://unn.ua/en/news/russia-deployed-two-kalibr-carriers-to-the-black-sea-with-a-total-salvo-of-up-to-four-missiles>
2. Nazarenko, V. Russia refuses to repair military ships in Crimea-Ukrainian Navy. [Electronic resource] / – 8 January – 2025. URL: <http://newsukraine.rbc.ua/news/russia-refuses-to-repair-military-ships-in-1736334388.html>
3. ЗСУ вперше завдали удару по ворожій флотилії в Каспійську: аналітики пояснили важливість атаки: [Електронний ресурс] / – 11 листопада, 2024. URL: <https://www.5.ua/ru/myr/vsu-vpervie-nanesly-udar-po-vrazheskoi-flotyly-v-kaspiyske-analytyky-obiasnyly-vazhnost-ataky-338036.html>
4. Алексеев, В. Росіяни застосували нову тактику в Чорному морі: [Електронний ресурс] / – 2 лютого, 2025. URL: <https://glavnoe.in.ua/ru/novosti/tech/rossyane-prymenyly-novuyu-taktyku-v-chernom-more>

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR WITH AN ELECTRONIC SCANNER

Huseynov A.G., Gasanov A.G., Abdullaeva A.J., Nasirov E.V., Suleymanov I.I.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This paper presents a comprehensive investigation into the operation of an atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner, aimed at military applications. The objective of the study is to develop a mathematical approximation and conduct a physical-technical analysis of the device to optimize its operational characteristics under varying atmospheric conditions and electromagnetic interference. Numerical schemes (such as the finite difference method and Fourier decomposition) and variational calculus techniques are employed to construct analytical models describing the dynamics of acousto-optical processes and the functioning of the scanning system. The physical-technical analysis is based on the principles of acoustics and optics, allowing for the assessment of the system's stability and sensitivity in the presence of external noise and changing climatic parameters.

1. Physical Principles of Acousto-Optical Interaction. The acousto-optical effect is based on the diffraction of optical waves on a periodic grating created by an acoustic wave within a medium [1-3]. This phenomenon is described by Bragg's equation:

$$\lambda = \frac{2nv}{f} \quad (1)$$

where: λ - diffracted light, n is the refractive index of the medium, v is the speed of sound in the medium, f is the acoustic wave frequency.

The first-order diffraction efficiency M_1 can be expressed through the acousto-optical interaction parameter:

$$M_1 = \frac{\pi d}{\lambda} \cdot \frac{pm_0^3}{pv^3} P \quad (2)$$

where: d is the thickness of the acousto-optical cell, p is the acousto-optical coefficient, ρ is the medium density, P is the ultrasonic power.

2. Propagation of Acoustic and Optical Waves in the Atmosphere

Acoustic Waves in the Atmosphere. The propagation of sound waves in the atmosphere is described by the wave equation [4-6]:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 p \quad (3)$$

where p is the acoustic pressure and c is the speed of sound in the atmosphere.

The speed of sound in the atmosphere depends on temperature and is given by the equation:

$$c = \sqrt{\gamma RT} \quad (4)$$

where γ is the adiabatic index of air, R is the universal gas constant, and T is the absolute temperature.

Optical Waves in the Atmosphere. The propagation of optical waves in the atmosphere is affected by turbulence, which alters the refractive index n . The interaction of light with an inhomogeneous atmosphere is described by the paraxial

wave equation:

$$\frac{\partial E}{\partial z} = \frac{i}{2k} \nabla_T^2 E + ikn(x, y, z)E \quad (5)$$

where E is the electric field, $k=2\pi/\lambda$ is the wavenumber, and ∇_T^2 is the transverse Laplacian operator. Fluctuations in the refractive index due to turbulence can be approximated using the Kolmogorov model:

$$\Delta n \approx C_n^2 L^{2/3} \quad (6)$$

where C_n^2 is the refractive index structure coefficient, and L is the characteristic turbulence scale.

3. Electronic Scanning. Electronic scanning is achieved through a phased antenna array, where a phase shift between array elements enables beam steering without mechanical movement. The scanning angle is determined by the phase gradient:

$$\theta = \arcsin \left(\frac{\lambda}{2\pi d} \Delta\phi \right) \quad (7)$$

where d is the distance between radiating elements, and $\Delta\phi$ is the phase shift between adjacent elements.

Thus, the acousto-optical locator with an electronic scanner utilizes a combination of acousto-optical principles for controlling the light beam and phased array technology for dynamic beam steering. These physical and mathematical models enable the analysis and optimization of system parameters for military applications.

References

1. Saleh B.E.A., Teich M.C. Fundamentals of Photonic. New York, Wiley, 2007. -800c.
2. Yariv A., Yeh P. Photonics: Optical electronics in modern communications. New York: Oxford University Press, 2007. -720
3. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., Т.1 –Харків:Impress, 2023. – С. 29-30.
4. Andrews L. C., Phillips R. L. Laser Beam Propagation through Random Media (2nd ed.). – Bellingham: SPIE Press, 2005. – 456 c.
5. Ibrahimov B. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced information systems. – 2024. – Т. 18. – С. 19.
6. Ishimaru A. *Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, and Scattering* (2nd ed.). – New York: Wiley-IEEE Press, 2017. – 680 c.
7. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 4. – С. 20-25.
8. Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.
9. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
10. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.

EXPERIMENTAL VERIFICATION AND NUMERICAL MODELS OF AN ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR WITH AN ELECTRONIC SCANNER

Nasirov E.V., Huseynov A.G., Suleymanov İ.İ., Kishiyev H.T.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This article presents an experimental verification combined with the development of numerical models for an atmospheric acousto-optical locator equipped with an electronic scanner [1].

The primary objective is to address the challenges imposed by atmospheric turbulence, optical distortions, and inherent noise through advanced experimental techniques and state-of-the-art numerical methods. The scientific work integrates theoretical analysis with empirical measurements to accurately simulate acousto-optical interactions under realistic environmental conditions [2].

Iterative numerical algorithms and adaptive approximation methods were employed to capture the complex nonlinear phenomena occurring during the propagation of acoustic waves and laser radiation through turbulent media [1, 3].

Experimental measurements were conducted in controlled laboratory settings, and the outcomes demonstrated excellent consistency with theoretical predictions. Moreover, the incorporation of an electronic scanning mechanism significantly enhanced the spatial resolution and dynamic tracking capabilities of the locator. The study identifies key parameters influencing system performance and proposes recommendations for further improvements [3].

This research contributes to the optimization of remote sensing technologies and has potential applications in defense, environmental monitoring, and meteorology, providing a robust foundation for future technological advancements [4-12].

The conducted research has successfully validated the numerical models developed for the atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner. The experimental data confirm that the numerical approximations reliably replicate the physical behavior of the system under varied atmospheric conditions. The iterative computational techniques applied, as detailed by [3], effectively minimized numerical errors, while adaptive algorithms from [1] enhanced the precision of the simulations. Notably, a high correlation was observed between the experimental results and the predicted optical and acoustic interactions, thereby affirming the robustness of the theoretical framework [2].

The integration of the electronic scanning system has proven crucial in improving the spatial resolution and real-time adaptability of the locator. The experimental verification illustrates that the system is capable of mitigating the adverse effects of atmospheric turbulence and distinguishing the desired signal from background noise. Despite the promising performance, the study also revealed certain limitations, such as sensitivity to extreme environmental conditions and potential computational constraints when scaling the model for large-area

surveillance. Future research is recommended to incorporate machine learning techniques for real-time optimization and to extend the experimental framework to a broader range of atmospheric conditions.

In summary, the comprehensive approach combining rigorous experimental validation with sophisticated numerical modeling offers a detailed understanding of the acousto-optical locator's performance.

The outcomes not only demonstrate the scientific soundness and practical applicability of the models but also pave the way for the development of next-generation remote sensing systems.

References

1. Saleh, B. E. A., & Teich, M. C. (2007). *Fundamentals of Photonics* (2nd ed.). Wiley-Interscience.
2. Goodman, J. W. (2005). *Introduction to Fourier Optics* (3rd ed.). Roberts & Company Publishers.
3. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P. (2007). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.). Cambridge University Press.
4. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., [у 3 т.]. Т. 1. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth International Scientific Technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means. – 2015. – С. 23-24.
6. Ibrahimov B. et al. RESEARCH AND ANALYSIS OF EFFICIENCY INDICATORS OF CRITICAL INFRASTRUCTURES IN THE COMMUNICATION SYSTEM //system. – 2024. – Т. 18. – С. 19.
7. Ibrahimov B. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 4. – С. 20-25.
8. Ibrahimov B. G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2023 р. Т. 2. – Харків : Impress, 2023. – С. 4-5.
9. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.
10. Hashimov E. G., Maharramov R. R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles //Проблеми інформатизації. Тези доповідей. – С. 18-19.11.
11. Hashimov E. G., Bayramov A. A. Detection unobserved moving armored vehicles by seismic method //National Security and Military Sciences. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 128-132.
12. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution //AHMC after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.

THE IMPORTANCE OF USING AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS IN ROCKET AND ARTILLERY TROOPS

Muftiyev Z.

Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

In modern times, the use of automatic control systems in rocket and artillery troops is of critical importance for increasing the effectiveness of combat operations. These systems allow newly detected targets on the battlefield to be engaged swiftly and more precisely, as well as enable coordinated fire control.

The employment of advanced automatic control technologies in contemporary warfare equips rocket and artillery troops with a decisive advantage over the enemy, including the ability to quickly strike targets while significantly reducing the amount of ammunition used.

In addition, it prevents firing assets from remaining too long in firing positions and becoming vulnerable to enemy fire.

This study examines the key benefits, application areas, and future development prospects of automatic control systems in rocket and artillery troops.

In military operations, automatic control systems enable more precise and efficient fire support against the enemy while using fewer assets.

The main advantages of these systems are:

- their influence on the accuracy and effectiveness of artillery (rocket) units' fire (strikes);
- accelerated decision-making for engaging high-threat targets quickly;
- better coordination and integration;
- enhanced security;
- more efficient use of ammunition.

These systems are broadly and very effectively applied across various types of rocket and artillery units:

- in unmanned aerial vehicles (UAV) and reconnaissance systems;
- in rocket complexes;
- in artillery batteries equipped with automated control systems;
- in fire and fire-control centers using automatic control systems.

In the future, these systems are expected to be further developed through the integration of artificial intelligence, machine learning, and quantum technologies. Specifically, advancements are anticipated in:

- AI-based target recognition systems;
- fully autonomous artillery and rocket complexes;
- cloud-based fire control and management systems;
- higher levels of interoperability and communication technologies.

These innovations will strengthen the battlefield superiority of rocket and artillery troops, ensuring that they remain a primary tool in future warfare.

Implementing automatic control systems in rocket and artillery troops not only forms an integral part of modern combat strategies but also transforms these troops into a key combat power in future conflicts.

By increasing the combat effectiveness of rocket and artillery fire, these systems also conserve munitions.

More advanced AI and automated technologies could bring about revolutionary changes in this field.

Therefore, the development and deployment of cutting-edge automatic control systems in the military sphere should remain a top priority.

References

1. Bayramov A. A., Hashimov E. G. The numerical estimation method of a task success of UAV reconnaissance flight in mountainous battle condition //Сучасні інформаційні системи. – 2017. – №. 1, № 2. – С. 70-73.
2. Hashimov E. G. et al. Development of the multirotor unmanned aerial vehicle //National security and military sciences. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 21-31.
3. Piriyeв H.K. The Second Karabakh War: military-political and military-technical aspects // - Baku: Proceedings of the Military Institute named after Heydar Aliyev, - 2023. No. 1 (40). - p. 7-16.
4. NATO defense reports. (2022). Future trends in missile and artillery automation. NATO Research Institute.
5. Hashimov, E.G., Talibov, A.M., Pashaev, A.B., Sabziev E.N. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
6. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group //Bulgarska Voenna Misal. – 2018.
7. Muradov S.A. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
8. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth international scientific technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means”. –2015. –С.23-24.
9. Bayramov A. A., Hashimov E. G. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain //Defence Science Journal. – 2018. – Т. 68. – №. 4. – С. 343-346.
10. Nasibov Y. A. et al. Modelling of the rationally deployment of observing systems //Сучасні інформаційні системи. – 2019. – №. 3, № 2. – С. 10-13.
11. Huseynov B. S. Characteristics of UAVs application during the Second Karabakh War //Problems of informatization. Proceedings of 11-th International Scientific and Technical Conference. – 2023. – Т. 3. – С. 16-17.
12. Bayramov A. A. et al. The supervisory control systems deployment in mountainous terrain //VIII Int. Conf. “Modern development trends of ICT and control methods. – 2018. – С. 3-4.

MILITARY REQUIREMENTS AND SPECIFICS OF THE ATMOSPHERIC ACOUSTO-OPTICAL LOCATOR WITH AN ELECTRONIC SCANNER

Gasanov A.G., Huseynov A.G., Suleymanov İ.İ., Abdullaeva A.J.
Military Scientific Research Institute, Baku, Azerbaijan

The theses present a concept for an atmospheric acousto-optical locator developed in line with modern military requirements. The system combines acoustic and optical methods to enhance target detection efficiency. Its central element is an electronic scanner that ensures high-speed data processing. An analysis of the locator's key characteristics under complex atmospheric conditions has been conducted.

The model considers the effects of turbulence, temperature gradients, and air humidity. A comparison with traditional observation and detection methods has been performed. Simulation results demonstrate significant advantages of the new technology. Special attention is given to issues of electromagnetic compatibility and interference protection. Recommendations have been developed to optimize the system's design and operation. The technology shows high potential for application in modern military complexes.

1. General requirements for military detection systems. The atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner is designed for use in military reconnaissance, surveillance, and early warning systems. To be effective in combat conditions, the system must meet strict requirements, including [1-6]: high accuracy in object coordinate determination; high processing speed and rapid response; stable operation under complex meteorological conditions; resistance to jamming and enemy countermeasures; minimal power consumption and compact dimensions; these criteria ensure the system's integration into modern military platforms, including unmanned aerial vehicles (UAVs), ground reconnaissance complexes, and naval air defense systems [7-10].

2. Reliability and resistance to external factors. Military reliability requirements include:

- operation in extreme climatic conditions;
- protection against electromagnetic interference;
- durability and fault tolerance.

3. Detection accuracy and target identification. The acousto-optical locator must provide precise coordinate determination of airborne, ground, and naval targets in real time. Key parameters include:

- angular resolution: $\Delta\theta = \frac{\lambda}{D}$;
- ranging accuracy: $\sigma_R = \frac{\lambda c}{2B}$;
- detection of low-observable targets.

System sensitivity must ensure detection of objects with a radar cross-section (RCS) as low as 0.01 m² (stealth targets). Capability to operate under active countermeasures (jamming, optical and electronic camouflage).

4. Real-time performance and data processing. Military detection systems require minimal latency in target acquisition and tracking. Key requirements include: system response time: less than 10 ms; data update frequency: at least 100 Hz. Implementation of adaptive algorithms: Kalman filtering for trajectory prediction; artificial neural networks for target classification.

System functionality must include: automatic target tracking; determination of dynamic object parameters (speed, trajectory); real-time data transmission to centralized combat systems.

5. Energy efficiency and mobility. Modern military requirements demand reduced weight and power consumption of equipment. Weight and size constraints: system weight not exceeding 20 kg for portable solutions; compatibility with mobile carriers (vehicles, UAVs). Energy efficiency: power consumption not exceeding 200 W; use of energy-efficient laser diodes and processors.

The atmospheric acousto-optical locator with an electronic scanner must provide high accuracy, real-time performance, resistance to jamming, and adaptability to environmental conditions, making it an essential tool in modern military surveillance and detection systems.

References

1. Huseynov, A.G., Suleymanov, I.I. Portable optical communication systems and some characteristics of transmission // - Baku: Collection of scientific works of Azarbaijan Higher Military School
2. Skolnik M. I. *Radar Handbook*. 3rd ed. - New York: McGraw-Hill, 2008. - 1072 p.
3. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р., м. Баку, м. Харків, м. Бельсько-Бяла : [у 3 т.]. Т. 1 / Нац. ун-т оборони Азерб. республіки [та ін.]. – Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
4. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // *Bulgarska Voenna Misal*. – 2018.
5. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system // - Kharkov: Advanced Information Systems. 2024. Vol. 8, No. 2. pp.58-64 doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.07>
6. Richards M. A. *Fundamentals of Radar Signal Processing*. 2nd ed. – New York: McGraw-Hill, 2014. – 416 p.
7. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. - Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119.
8. Hashimov E. G. About one method of navigation task solution // АНМС after H. Aliyev. Scientific Review. – 2013. – Т. 1. – №. 20. – С. 45-49.
9. Muradov S. et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons // Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.
10. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // Advanced Information Systems. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 74-80.

FEATURES OF CONSTRUCTING MULTISERVICE COMMUNICATION NETWORKS BASED ON SDN/NFV TECHNOLOGIES

Ibrahimov B.G.

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

National Defense University, Baku, Azerbaijan

Ismayilov T.A.

Azerbaijan Technological University, Baku, Azerbaijan

It is known that SDN/NFV technology (Software Defined Network/Network Functions Virtualization) is a set of methods that allow programmatically managing network resources and monitoring their use-load in multiservice communication networks, which simplifies the solution to the problem ensuring efficient use of the communication network bandwidth and its scaling, and helps reduce operating costs by centralizing and automating management functions.

With this approach, the controller has access to the global state of the network and makes decisions about forwarding network traffic, while the hardware is only responsible for actually forwarding information to its destinations in accordance with the controller's instructions - sets of rules for processing packets. Thus, the switch's control function is transferred to a separate central device - the SDN controller. This approach allows you to manage and monitor the network state on a logically centralized controller. Interaction between the data transmission layer is carried out through a single unified open interface.

Taking into account the listed features, the main components of software-defined networks based on the OpenFlow protocol are: OpenFlow switch, controller or network operating system, switch management protocol, network equipment administration protocol, secure channel through which interaction between the controller and switch is carried out using the OpenFlow protocol.

In addition to speedup, a very useful metric for assessing the quality of parallelism in SDN is the efficiency of using processor cores, defined as the ratio of speedup to the number of cores:

$$E(m) = (1/m) \cdot S(m, r, \ell p), \quad (1)$$

where m – the number of cores of central processing (CP) units and is equal to $m = k/r$, k – the total number of CP functional units from which cores can be composed; r – number of blocks that make up a CP core; ℓp – proportion of consecutive operations and can be determined by the formula:

$$\ell p = \frac{1}{m-1} \cdot \left(\frac{m}{S} - 1 \right), \quad (2)$$

The most popular metric for evaluating the effect of parallelization is speedup $S(m, r, \ell p)$, defined as the ratio of the time it takes to solve a computational problem on a single-core CPU to the time it takes to solve the same problem on a multi-core CPU and is expressed as

$$S(m, r, \ell p) = T(1)/T(m), \quad (3)$$

where $T(1), T(m)$ – the time it takes to solve a computational problem on a single- and multi-core CP, respectively.

Expressions (1), (2) and (3) are derived on the basis of Amdahl's Law, which has a very specific area of applicability in telecommunication systems: it is assumed that the volume of the problem being solved is fixed, and the benefit from additional processor cores is a reduction in computation time.

The NFV technology being studied makes it possible to transfer the execution of these tasks to the upper levels of the network architecture: the execution of certain functions is carried out not on individual devices, but through unified infrastructures.

Thus, using SDN/NFV technologies allows implementing this system in a distributed hierarchical scheme. Its main elements are the filtering, classification and storage subsystem, the control subsystem, and the transport subsystem.

References

1. Kreutz D., Ramos F., Verissimo P., Rothenberg C., Azodolmolky S., Uhlig S. Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey // *Proceedings of the IEEE*. 2015. Vol. 103. Iss. 1. pp. 14–76.
2. Ibrahimov B.G., Humbatov R.T., Ibrahimov R.F., Isaev A.M. Analysis performance indicators of multiservice telecommunication networks of the next generation using software-defined network technologies//*Bulletin of Computer and Information Technologies*, No. 5, Moscow, 2019. pp. 39 – 44.
3. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // *Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф.*, 16-17 листопада 2023 р.: [у 3 т.]. Т. 1 / –Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
4. Карташевский В.Г., Галич С. В., Семёнов Е. С., Кирьянова Н.И. Оценка масштабируемости задержки SDN-контроллера на параллельной вычислительной системе// *Инфокоммуникационные технологии*. 2017. №2. pp. 163-170.
5. Hashimov E. G., Bayramov A. A., Sabziev E. N. Determination of the bearing angle of unobserved ground targets by use of seismic location cells //2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). – IEEE, 2017. – С. 185-188.
6. Ibrahimov, B.G., Hashimov, E.G., Hasanov, A.H., Mammadov, T.H. Research throughput multiservice telecommunication networks // *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10-ї міжнародної науково-технічної конференції, 9-10 квітня 2020. Том1. Баку-Харків-Жиліна, 2020, с.30*
7. Ibrahimov B., Hasanov A., Hashimov E. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system // *Advanced Information Systems*. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64
8. Ibrahimov B.G., Hashimov E.G., İsmayilov T. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // - *Kharkov: Advanced Information Systems*. – 2024, vol.8, N4. – pp.20-25. **doi:** <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.4.03>

MILITARY LOGISTICS AND SUPPLY PROCESS DEVELOPMENT

Zeynalova G.M.

Azerbaijan Economic University UNEC, Baku, Azerbaijan

In the modern world, military logistics plays a crucial role in strengthening the combat capability of troops and ensuring a continuous supply of essential resources. A key aspect of improving military supply chains is the effective application of logistics methods and principles. A well-structured logistics system is essential to succeed in any military operation [1, 2].

As military operations expand, the demand for transportation and supply correspondingly rises. The increasing number of operational vehicles and the growing need for troop provisions put additional strain on road infrastructure, leading to congestion and logistical challenges [2]. Additionally, modern warfare also brings with itself new dangers, such as the threat posed by enemy long-range strike systems to vital transportation lines.

Recent conflicts, wars and NATO Joint Armed Forces exercises have shown that the involvement of aviation and missile systems in combat can seriously disrupt the operation of transport networks. Consequently, this leads to the isolation of operational areas, making logistics support even more critical [3]. To counter these challenges, military logistics must prioritize flexibility, resilience, and rapid response strategies. For this reason, ensuring the uninterrupted operation of transportation networks is crucial to the successful conduct of modern military operations. This can be achieved through rapid road maintenance, the integration of advanced construction technologies, the use of high-quality materials, and the deployment of modern machinery and equipment [4].

The latest military operations have demonstrated that military logistics efficiency must be supported by modern technologies and flexible management mechanisms [3, 5]. The research identifies the priority directions for the development of military logistics. It shown that a well-structured technical support system is essential for the effective functioning of military logistics. Contemporary military battels demonstrate that improving logistics and supply processes significantly strengthens the combat effectiveness of the armed forces. To achieve this, development efforts should focus on the following key areas: **technological advancement and digitalization** – integration of artificial intelligence and automation into logistics, as well as the use of drones and robots in supply processes; **supply chain optimization** – implementation of modular supply systems, increasing the flexibility of supply processes; **transportation and mobility** – expanding the use of hybrid transport vehicles and development of network-based logistics to enhance troop mobility; **resource and inventory management** – strengthening strategic storage capabilities and optimizing the management of material and technical resources; **security and defense infrastructure** – enhancing both cyber and physical security, ensuring the protection of supply routes and communication networks; **human resource development** – training military logistics specialists,

promoting a multidisciplinary approach, and improving personnel preparation; **acceleration of supply processes** – adopting innovative supply methods to enhance combat readiness and boost efficient resource management; **expansion of strategic reserves** – establishing additional reserve bases to ensure a rapid response to increased supply demand.

The implementation of the synergo-bifurcation model (synergistic-bifurcation theory helps understand how systems made up of many interacting parts can undergo sudden shifts or transitions, where everything can change dramatically due to small changes in the system's parameters) in military logistics provides valuable insights for predicting and optimizing future developments in this field [3]. By adopting this model, the flexibility and efficiency of supply processes can be enhanced. The advancement of military logistics must be guided by strategic planning and the integration of modern scientific and practical approaches. This not only enhances logistical efficiency but also ensures a more stable and rapid technical supply chain during combat operations [4].

The research results indicate that further improvement of the logistics system will significantly boost the combat readiness and effectiveness of the armed forces. Analyzing recent conflicts and military operations underscores a crucial fact: sustainable and adaptable logistics are essential for successful warfare. Without a resilient supply system, military operations face severe limitations.

As a result, continuous development and the implementation of innovations in military logistics should be a strategic priority. In the coming years, enhancing logistics efficiency will play a key role in strengthening the combat capabilities and overall defense potential of armed forces, making logistics development a fundamental aspect of military strategy.

References

1. Talibov A. M. et al. On the optimal placement of logistics centers //Baku: Informatics and Control Problems. – 2023. – №. 43. – p. 51-58.
2. Talibov A. et al. Optimal placement of logistics centers in the Republic of Azerbaijan // 2nd International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in The East-West Transport Corridor (PLMO 2023).–Baku:–2023. –p.24-26.
3. Bayramov, A. A., Talibov, A., Pashaev, A., & Sabziev, E. (2019). Математическая модель логистики технического снабжения в зонах военных действий. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 35(2), 77-80.
4. Талібов А. М., Гулієв Б. В. A method for assessing the military-economic indicators with the purpose of locating a logistics center for redeploying troops //Advanced Information Systems. – 2021. – Т. 5. – №. 2. – С. 152-158
5. Talibov A.M., Hashimov E.G. Vehicle transport cost calculation method / Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference Volume 2: sections 3-6. - Baku – Kharkov – Jilina, april 25 – 26, 2024. -p.107.

ANALYSIS FORECASTING OF SERVICE TRAFFIC IN TELECOMMUNICATION SYSTEM USING TIME SERIES

Aliyeva A.A.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

The intensive development of a unified information infrastructure based on the digital economy program and the results of the Network 2030 study carried out by the ITU-T FG NET-2030 focus group requires new integrated approaches to forecasting service and useful traffic in multiservice telecommunication networks using time series methods [1,2].

The task of studying forecasting methods using time series is currently of great theoretical and practical interest, which allows solving a wide range problems in science, technology and communications. In particular, one of the most significant applications of the task of forecasting methods is the prediction and analysis social, economic and telecommunication processes, the prediction natural phenomena and information events. In addition, various forecasting methods serve to study and identify patterns and systemic connections in the process of functioning of certain telecommunication processes.

In the last two decades, many forecasting methods have emerged that have shown themselves to be quite effective. In particular, these include machine learning models and artificial neural networks [2, 3], which have become serious competitors to classical statistical models and forecasting methods [3-5].

This paper discusses new approaches to time series forecasting using a multivariate approach based on certain models of information theory and communication theory. Methods based on information theory are used as basic methods for solving the forecasting problem. In particular, universal codes and a universal measure are used. To increase the speed of the proposed methods in the telecommunication system, methods for optimizing the described approaches from the point of view of their labor intensity are proposed.

In general, the problem of forecasting time series can be formulated as follows. Let there be some source generating a sequence of elements x_1, x_2, \dots from some set A , called the alphabet. The alphabet can be either finite or infinite. Let us assume that at the moment of time t we have a finite sequence generated by the source x_1, x_2, \dots, x_t . Let's consider a random variable x_{t+1} . The forecasting problem comes down to determining the probability distribution of values of a random variable x_{t+1} , i.e. to the calculation [2, 4]:

$$p(x_{t+1} = a \mid x_1, x_2, \dots, x_t), \quad a \in A. \quad (1)$$

From (1) it follows that if the alphabet is a continuous finite interval in telecommunication systems as service traffic.

Let the source generate the message

$$x_1, x_2, \dots, x_{t-1}x_t \mid x_i \in A, \quad i = 1, 2, \dots, t.$$

In this case, it is necessary to predict one next element. Then the forecast error E is called the magnitude of the deviation traffic forecast x_{t+1} from the true value of the telecommunications process x_{t+1} , in the considered $t + 1$ moment in time, i.e. the next value [3,5]:

$$E = |F(x_{t+1}) - F^*(x_{t+1})|, \quad (2)$$

where $F(x_{t+1})$ is the predicted value, and $F^*(x_{t+1})$ is the true value of the process. By the forecast error when forecasting n steps ahead we will understand the following value:

$$E_{fe}(n) = |F(x_{t+n}) - F^*(x_{t+n})|, \quad (3)$$

where n is the number of steps for which we make a forecast.

Thus, the forecast error characterizes the quality of forecasting service traffic in the communication system and is the main criterion for determining the efficiency of the selected forecasting method.

References

1. Ibrahimov B.G., Alieva A.A. (2021). Research and Analysis Indicators of the Quality of Service Multimedia Traffic Using Fuzzy Logic. In: Aliev R.A. etc. 14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing – ICAFS-2020. ICAFS 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.1306.Springer, Cham.pp.773-780.
2. Ibrahimov B.G. and et al. Research throughput multiservice telecommunication networks // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10-ї міжнародної науково-технічної конференції, 9-10 квітня 2020. Том1. Баку-Харків-Жиліна, 2020, с.30
3. Ahmed N. An empirical comparison of machine learning models for time series forecastin //Econometric Reviews.2010,Vol. 29, Iss.5-6, pp.594-621.
4. Valiyev V.M., Ibrahimov B.G., Alieva A.A. (2020) About one resource control task and optimization throughput in multiservice telecommunication networks// T-Comm, vol. 14, no.6, pp. 48-52.
5. Ibrahimov B.G., İsayev Y.S., Aydemir M.E.. Performance of MultiService Telecommunication Systems Using the Architectural Concept of Future Networks// Journal of Aeronautics and Space Technologies. Vol. 16, No.1, 2023. pp. 41-49.
6. Ibrahimov B.G. Analysis of multiservice telecommunication networks of the future generation based on the architectural concept SDN&NFV and IMS//Scientific notes - AzTU, No. 2, 2018. pp. 46 - 52.
7. İbrahimov B. et al. Research and analysis indicators fiber-optic communication lines using spectral technologies //Advanced information systems. – 2022. – Т. 6. – №. 1. – С. 61-64.
8. Ibrahimov, B.G., Hashimov, E.G. Analysis and Selection Performance Indicators Multiservice Communication Networks Based on the Concept NGN and FN // -Kharkiv: Computer and information systems and technologies, -aprel, - 2021. –p.96-98. DOI:<https://doi.org/10.30837/csitic52021232904>

ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL DESCRIPTION INTERFERENCE SOURCES IN TELECOMMUNICATION SYSTEM

Nabiyeva A.N., Hamidova A.A.
Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

It is known that increasing the noise immunity of the functioning telecommunication systems based on information technology requires a new approach and analysis of the mathematical description of interference sources [1, 2]. Any interference can be represented as a random function of time. Random functions in turn are characterized by their distributions. In this case, numerical characteristics in the form of distribution moments are used and usually stationary random processes are considered in the telecommunication system [3, 4].

The basis of interference sources in telecommunication systems is evaluated into two groups - external and internal interference sources.

Among all random processes, a special place is occupied by the process with a normal distribution, which is described by the following expression [1, 2]:

$$F(x, a) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{a}} \frac{(\bar{a}-\bar{a})^2}{2\sigma^2} dx, \quad -\infty < x < \infty, \quad (1)$$

where x – is a random variable, a, σ – are the parameters of the function.

The probability density function of the normal distribution is:

$$f(x, a) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\bar{a})^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (2)$$

The probability characteristics this distribution are defined as follows:
 $M(x) = a$, $D(x) = \sigma^2$, $\sigma(x) = \sigma$.

Характеристическая функция нормального распределения:

$$G(x, a) = \exp[i m x - 0.5 x^2 \cdot \sigma^2]. \quad (3)$$

Based on formulas (1), (2) and (3), we will consider the typical exponential form of pulse noise [1, 3]:

$$u_0(t) = \begin{cases} U_{nm} \cdot \exp(\alpha t), & \text{at } t \geq 0, \\ 0, & \text{at } t < 0. \end{cases}, U_{nm} = S(jw) \cdot (\alpha^2 + w^2)^{0.5}, \quad (4)$$

where α - is the coefficient characterizing the speed of interference.

As can be seen from formula (4), impulse noise is characterized by a broadband spectrum that decreases with frequency.

Now we will consider the narrowband interferences that are recognized, modulated, harmonic or quasi-harmonic oscillations, the main part of whose power is in a narrow band frequencies, not exceeding the width of the signal spectrum [2, 4]:

$$u_n(t) = \sum_k U_k \cos(k\omega t + \theta_k). \quad (5)$$

where U_k , θ_k , ω - random quantities are called concentrated on the spectrum, or narrowband.

Fluctuation noise is a chaotic sequence of short-term pulses and is described by the expression [3]:

$$W(U_{nm}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \exp\left[-\left(\frac{u_n^2}{2\sigma_n^2}\right)\right], \quad (6)$$

where dispersion: $\sigma_n^2 = \overline{U_n^2} = U_{eff}^2$.

Typical examples of fluctuation interference are internal and cosmic noises, which exist over a wide range of frequencies.

Passive radio interference refers to multiplicative interference and the nature of this interference consists of a random change in the parameters of the transmission channel. Multiplicative interference is divided into external and internal. The first occurs due to a change in the conditions propagation radio or acoustic waves in the communication channel or the properties reflecting objects.

References

1. Ibrahimov B.G., Ismailova S.R. Research and analysis of the efficiency of multiservice communication networks using the NGN architectural concept//T-Comm, Telecommunications and transport, Vol. 8, No. 8, 2014. pp. 47–50.
2. Humbatov R.T., Ibrahimov B.G., Alieva A.A., Ibrahimov R.F. Approaches to the analysis of performance indicators of multiservice telecommunication networks based on SDN technology// Information Technologies, Vol. 27, No. 8, 2021. pp. 419 – 424.
3. Ibrahimov B.G., Hashimov E.G., Talibov A.M., Hasanov A.H. Research and analysis indicators fiber-optic communication lines using spectral technologies//Advanced Information Systems. 2022. Vol. 6, No.1. pp.61-64.
4. Bayram Ibrahimov. Investigation of noise immunity telecommunication systems according to the criterion energy efficiency//Transport and Telecommunication. Vol. 24, no.4, 2023. pp. 375 - 384.
5. Ibrahimov B.G., Hashimov E.G., İsmayilov T. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // - Kharkov: Advanced Information Systems. – 2024, vol.8, N4. – pp.20-25.
6. Ibrahimov B., Hasanov A., Hashimov E. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64.
7. Ibrahimov, B.G., Hashimov, E.G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, - 2023, Том 2: - pp.4-5.

STUDY OF NETWORK RESOURCES MULTI-SERVICE CONVERGENT COMMUNICATION NETWORKS TAKING INTO ACCOUNT SELF-SIMILARITY TRAFFIC

Huseynov R.M., Amanullazada F.I.
Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

Currently, network node buffer storages are the most important resource for managing network traffic in multiservice convergent communication networks. Based on the research, it was found that network traffic is self-similar in nature [1, 2]. Fractal properties that characterize traffic usually include such concepts as “slowly decaying dispersions” and “long-term dependence”.

A feature self-similar traffic is the stability of clustering [3, 4]. Traditional models packet traffic are short-term dependent, i.e., have exponentially decaying correlations. Self-similar traffic data in convergent communication networks exhibit long-term dependence and have hyperbolically decaying correlations [3, 5].

The conducted analysis shows that self-similarity of network traffic has a significant impact on the quality of communication in multiservice convergent communication networks. Research in most cases is concentrated around the statistical characteristics of queues, since buffering is the leading resource-providing strategy in multiservice telecommunication networks [2, 5].

However, it turns out that traditional system queuing analysis, based on the Poisson flow assumption, cannot accurately predict the performance of a communication system given self-similar traffic.

The conducted research has shown [1, 2, 3, 4] that an adequate description self-similar traffic in multiservice convergent communication networks is determined by probability distributions with heavy "tails". At present, there are no general analytical results of the study queues with self-similar traffic and the influence self-similarity on the quality of its service (QoS, Quality of Service) and quality of perception (QoE, Quality of Experience).

In practice, when modeling sources, the distribution of OFF periods is often assumed to be exponential, and for ON periods, the Pareto distribution [2, 4] is most often used, as a function of heavy tails.

1. The -exponential distribution law [2, 3, 5]:

$$F(x, \lambda) = 1 - \exp(-\lambda x), \quad x > 0. \quad (1)$$

2. The Pareto distribution is defined by the distribution function in the form:

$$F(x, \alpha) = 1 - (K/x)^\alpha, \quad x \geq K, \quad x > 0, \quad (2)$$

where K - is the boundary parameter that specifies the minimum value of the random variable x and is, in essence, a scale factor; α - the form of the parameter and taking into account the Hurst coefficient is found as follows:

$$\alpha = 3 - 2H. \quad (3)$$

When studying service and useful traffic, the most frequently used case is with $1 < \alpha < 2$ a final mean equal to

$$M[x] = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot K, \quad K > 0, \quad (4)$$

Expression (4) is the mathematical expectation of the values of the time interval between the arrival successive streams of traffic packets in the communication network.

Based on formula (1),..., (4), the variance of a random variable distributed according to Pareto is determined, respectively, by the following expressions:

$$D[x] = \frac{\alpha}{(\alpha - 1)^2 \cdot (\alpha - 2)} \cdot K^2. \quad (5)$$

If $\alpha > 1$, then the mathematical expectation is finite, the variance is finite only if $\alpha > 2$.

Taking into account the parameters of the distribution laws with heavy tails as a Pareto function, the Hurst coefficient is found as follows:

$$H = (3 - \alpha) / 2. \quad (6)$$

As a result of the conducted research, a new approach was considered for the analysis important performance indicators of multiservice communication networks using one-dimensional distributions with “heavy tails”.

References

1. Ibrahimov B. G. et al. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // Advanced Information Systems. 2024. Vol. 8, No. 4. pp.20-25.
2. Sheloukhin O.I., Osin A.V., Smolsky S.M. Self-similarity and fractals. Telecommunication applications. M.: Fizmatlit, 2008. 368 p.
3. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system//Advanced Information Systems. 2024. Vol.8, No 2. pp.58 - 64.
4. Aliyev H.S., Namazov S.N., Guliyev M.M., Ismayilova R.S. Properties of polyvinyl-chloride, graphite composites for high-voltage application. 58th Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University - Proceedings. Vol. 2017-November, Pages 1-4.
5. Ibrahimov B.G., Humbatov R.T., Alieva A.A., Ibrahimov R.F. Approaches to the analysis performance indicators multiservice telecommunication networks based on SDN technology // Information Technologies. Vol. 27, No. 8, 2021. pp.419-424.
6. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р.: [у 3 т.]. Т. 1 / –Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
7. Ibrahimov, B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10- і міжнародної науково-технічної конференції, 9-10 квітня 2020. Том1. Баку-Харків-Жиліна, 2020, с.30

ANALYSIS OF THE MODEL INTELLIGENT COMMUNICATION NETWORK INDICATORS WHEN ESTABLISHING A CONNECTION

Humbatov R.T., Mammadova F.V.

Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

Ibrahimov R.F.

Institute of Control Systems NASA, Baku, Azerbaijan

One of the main parameters service quality in an intelligent communication network (ICN) is the end-to-end delay that occurs during the connection establishment process. In the authors' previous works [1, 2], a method for calculating the probability-time characteristics of the signaling system for basic and intelligent services implemented on intelligent communication networks was proposed.

The paper analyzes the model of the service control node (SCP, Signaling Control Point), which is a software-controlled database, access to which is implemented using upper-level protocols, such as the transaction capabilities management subsystem (TCAP, Transaction Capabilities Applications Part) and the intelligent network application subsystem INAP (INAP, Intelligent Network Application Part).

The functional architecture of the SCP node is determined by how the MTP (Message Transfer Part), SCCP (Signalling Connection Control Part), TCAP and INAP subsystems of the signaling system over the common channel system No. 7 (CCS 7) divide the network resources of the SCP node processors among themselves.

This paper analyzes the methods of calculating the indicators of an intelligent communication network when establishing a connection using an SCP node and the INAP protocol.

The distributed architecture of the SCP service control node provides for one central module with a central processor for servicing the functional processes of the TCAP and INAP subsystems, as well as associated peripheral modules, each of which processes messages entering and leaving the signaling links assigned to this module in multi-service intelligent communication networks using signaling system protocols of the Sigtran (Signaling Transport) and SIP (SIP-Session Initiation Protocol) types, TCAP and INAP which must ensure the required level of quality of service - QoS (Quality of Service).

The process of processing a signaling message in an SCP node with a distributed architecture can be described using an open queuing network in the form $M/G/1/\infty$.

Based on the $M/G/1/\infty$ model, the average times $T_{scp}(\lambda)$ and $T_{ssp}(\lambda)$ stays incoming and outgoing requests at node i ($i=1, \dots, n$), respectively, are calculated as follows:

$$T_{scp}(\lambda_i) = b_{scp}(\lambda_i) + W_{scp}(\lambda_i) + \frac{T_f}{2}, \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

For the SSP node, expression (1) will take the following form:

$$T_{ssp}(\lambda_i) = b_{ssp}(\lambda_i) + W_{ssp}(\lambda_i) + \frac{T_f}{2}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

where λ_i – intensity of incoming requests to the node, $i = \overline{1, n}$;

$b_s^{(k)}$ – k -th initial moment of the distribution function of the random variable of service time, $i = \overline{1, n}$.

The average time of servicing a request at the MTP2 level coincides with the average time of transmission of significant signal units into the channel:

$$b_s^{(1)} = \frac{8 \cdot L_s^{(1)}}{V_b(\lambda_i)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

where $L_s^{(1)}$ – average length of significant signal units corresponding to the class request (bytes), $V_b(\lambda_i)$ – data transfer rate, $i = \overline{1, n}$.

Thus, as a result of the study of the model, analytical expressions were obtained for assessing the probabilistic-time characteristics intelligent communication networks using the INAP protocol.

References

1. Ibrahimov B.G., Huseinov F.I. Research and analysis of the efficiency multimedia traffic transmission in the NGN/IMS network//T-Comm-Telecommunications and Transport, No. 9 (12), pp.27-31.
2. Buzyukova I.L. Features of testing software for intelligent communication networks // Works of educational institutions of communication /SPbSUT.SPb, 2006. N175. pp.35–42.
3. Ibrahimov B.G., Alieva A.A. (2021). Research and Analysis Indicators of the Quality of Service Multimedia Traffic Using Fuzzy Logic. In: Aliev R.A. etc. 14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing – ICAFS-2020. ICAFS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol.1306.Springer, Cham.pp.773-780.
4. Ibrahimov B.G. Analysis multiservice telecommunication networks of the future generation based on the architectural concept SDN&NFV and IMS //Scientific notes-AzTU, No. 2, 2018. pp. 46 – 52.
5. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies / B. G. Ibrahimov, E. G. Hashimov // Проблеми інформатизації : тези доп. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 листопада 2023 р.: [у 3 т.]. Т. 1 / –Харків : Impress, 2023. – С. 29-30.
6. Ibrahimov B.G., Hashimov E.G., İsmayilov T. Research and analysis mathematical model of the demodulator for assessing the indicators noise immunity telecommunication systems // - Kharkov: Advanced Information Systems. – 2024, vol.8, N4. – pp.20-25. **doi:** <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.4.03>
7. Hasanov A.H. and et al. Research monitoring methods of information systems and networks special purpose // Problems of informatization. Proceedings of 12-th International Scientific and Technical Conference. Vol. 1. - Baku – Kharkiv – Bielsko-Biala: november 21 – 22, -2024, -p.85-86.

IMPACT OF RADIATION AND CHEMICAL THREATS ON ENVIRONMENTAL SECURITY OF MILITARY INFRASTRUCTURE

Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

In recent decades, the global security landscape has significantly shifted, with environmental threats arising from the potential use of radiological and chemical weapons becoming a primary concern for military forces. The effects of radiation and chemical hazards on the environment not only threaten the health and safety of military personnel but also pose substantial risks to critical military infrastructure, including facilities, communication systems, transportation networks, and supply chains. This paper explores the influence of radiation and chemical threats on the environmental security of military infrastructure, focusing on the potential long-term consequences of such threats, as well as the strategies and technologies employed to mitigate their impact.

Radiation and chemical threats encompass a wide range of hazards that can affect military infrastructure. Radiation exposure, whether from nuclear explosions, radiological dispersal devices (dirty bombs), or accidental releases from nuclear facilities, can cause long-lasting environmental contamination, making areas unsafe for military operations. On the other hand, chemical threats, such as the release of toxic industrial chemicals, nerve agents, or other chemical warfare agents, can have both immediate and long-term effects on the environment. These threats can damage ecosystems, degrade infrastructure, and disrupt military operations by rendering key assets unusable or inaccessible. The scope of these threats extends beyond the immediate danger to personnel and includes the enduring impact on the ecological balance, which could lead to diminished operational capacity in affected regions.

The direct consequences of radiation and chemical contamination on military infrastructure are vast. For example, the release of radioactive materials can lead to soil and water contamination, which in turn can affect the operational viability of military bases, supply routes, and strategic sites. Critical military assets such as ammunition depots, airfields, and communication facilities may be rendered unusable due to contamination, severely disrupting military operations. Furthermore, radiation contamination can persist for decades, causing long-term ecological damage that hinders future recovery and infrastructure redevelopment. Chemical contaminants, depending on their nature, can corrode and degrade military equipment, facilities, and transport networks, causing them to deteriorate rapidly and necessitating costly decontamination and restoration efforts.

The military must develop and implement comprehensive strategies to minimize the impact of radiation and chemical threats on the environment. One key aspect of these strategies involves the identification and mapping of potential contamination zones, allowing military planners to establish secure perimeters and deploy resources in a way that mitigates the effects of contamination. Another essential strategy is the development and use of protective barriers and technologies

to prevent the spread of radioactive and chemical agents. These can include specialized materials for constructing facilities that are resistant to contamination, air filtration systems, and portable decontamination units for use in the field. Regular maintenance of protective infrastructure and ongoing research into new decontamination techniques further strengthens the resilience of military infrastructure to environmental threats.

Technological advancements have played a crucial role in enhancing the resilience of military infrastructure against radiation and chemical threats. Developments in detection technology, such as radiation sensors, chemical detectors, and environmental monitoring systems, provide real-time data on contamination levels, allowing military forces to respond more quickly and effectively. Similarly, advancements in materials science have led to the creation of more robust, contamination-resistant coatings and construction materials, which can help safeguard military assets from the harmful effects of radiation and chemical exposure. Furthermore, the use of drones and robots for remote reconnaissance and decontamination operations significantly reduces the exposure of personnel to hazardous environments, increasing the overall effectiveness of response efforts.

The threat posed by radiation and chemical contamination is a serious and growing concern for the environmental security of military infrastructure. The long-term consequences of such threats can significantly hinder military operations, degrade critical assets, and cause lasting ecological damage. However, through the development of advanced technologies, comprehensive operational strategies, and international collaboration, it is possible to minimize these risks and enhance the resilience of military infrastructure.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Ахундов Р. Г. Влияние военной деятельности на окружающую среду // Санкт-Петербург. – 2024. – Т. 29. – №. 1. – С. 51.
5. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvi və bioloji kəşfiyyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20
6. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE ARMY

Jabrayilov A.R., Hashimov E.G., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

In contemporary military operations, environmental safety has emerged as a critical area requiring innovative technological solutions. The rapid advancement of digital technologies and artificial intelligence (AI) has significantly reshaped how military forces address environmental challenges, ensuring the protection of both personnel and natural resources in complex operational environments. This thesis examines the role of digital technologies and AI in the management of environmental safety within military structures, exploring how these tools are employed to mitigate risks, enhance response times, and optimize decision-making processes.

The primary objective of this research is to provide a comprehensive overview of how digital technologies and AI are integrated into military systems for managing environmental hazards, particularly in the context of radiation and chemical safety. Environmental safety in military settings is multifaceted, encompassing the prevention of exposure to toxic chemicals, radiation, and other hazardous substances that can severely impact both the operational effectiveness and the health of military personnel.

Digital technologies, including sensors, monitoring systems, and data analytics platforms, have been instrumental in improving environmental safety within the military. These technologies enable real-time detection of environmental hazards, providing commanders with immediate access to critical data that can guide their decision-making processes. Artificial intelligence further enhances the capabilities of digital systems by providing advanced predictive analytics and automated decision-making processes. AI-powered algorithms can analyze vast amounts of environmental data and identify potential hazards that may go undetected by traditional methods. Machine learning models are used to predict the likelihood of environmental hazards based on historical data, environmental patterns, and current conditions. These predictive capabilities enable military units to take preemptive measures, such as evacuations or the deployment of specialized equipment, to mitigate potential risks before they escalate into serious incidents.

Moreover, AI has proven to be an invaluable tool in optimizing resource allocation and improving the efficiency of military operations. By utilizing AI for logistical planning, commanders can make informed decisions about the distribution of environmental safety equipment and personnel. The integration of AI systems into command and control centers allows for a more coordinated response to environmental threats, improving the overall safety of military operations.

A critical area of focus in this thesis is the role of AI in enhancing the management of radiation and chemical safety. In modern warfare, the use of chemical and nuclear weapons poses a significant threat to both military personnel

and civilian populations. AI technologies are being used to develop advanced detection systems capable of identifying trace amounts of hazardous substances, even in highly contaminated environments. This technology not only improves the safety of military forces but also contributes to broader environmental protection efforts by minimizing the long-term impact of chemical and radiological contamination.

While the integration of digital technologies and AI into environmental safety management offers numerous advantages, there are also challenges that must be addressed. The reliance on digital systems introduces potential cybersecurity risks, as military assets and personnel may become vulnerable to cyberattacks. Ensuring the integrity and security of environmental safety systems is paramount to maintaining their effectiveness in the face of evolving threats.

In conclusion, the utilization of digital technologies and artificial intelligence in the management of environmental safety in the military represents a transformative shift in how military organizations approach environmental challenges. Through real-time monitoring, predictive analytics, and enhanced decision-making, these technologies are revolutionizing the way military forces protect personnel and the environment. As the complexity of modern warfare continues to evolve, the integration of advanced technologies will be crucial for ensuring the long-term sustainability and effectiveness of military operations, ultimately safeguarding both human and environmental health.

References

1. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları, –Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
2. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference ”Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
3. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyevi və bioloji kəşfiyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20.
4. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
5. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyevi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
6. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
7. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.

DEVELOPMENT OF MULTILAYERED PROTECTION SYSTEMS AGAINST CHEMICAL, RADIOLOGICAL, AND BIOLOGICAL HAZARDS FOR MILITARY PERSONNEL

Mammadov E.V., İslamov İ.C., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

The protection of military personnel from chemical, radiological, and biological (CRB) threats is essential for ensuring the safety, health, and operational effectiveness of armed forces in modern combat environments. The ever-evolving nature of warfare, with the increasing risk of unconventional and asymmetric threats, has necessitated the development of more advanced, integrated, and adaptable protective systems.

Military personnel are frequently exposed to a wide range of potential hazards, including toxic chemicals, radioactive materials, and biological agents. Traditional personal protective equipment (PPE) often offers protection against only one of these threats at a time, limiting its effectiveness in complex, multi-threat environments. To address this issue, multilayered protection systems have been developed, which combine various materials, technologies, and design features to provide comprehensive, real-time protection against chemical, radiological, and biological agents. These systems are designed to be lightweight, flexible, and adaptable, ensuring that military personnel can operate efficiently while maintaining their safety.

One of the key innovations in multilayered protection systems is the integration of advanced filtering materials capable of neutralizing a broad spectrum of chemical agents. These materials utilize a combination of adsorption, catalysis, and chemical bonding techniques to efficiently remove harmful substances from the air and prevent exposure. In addition to chemical protection, these systems also include radiation shielding layers made from high-density materials, such as nanocomposites and polymers, which provide effective attenuation of ionizing radiation. These layers can be tailored to meet specific threat levels and operational conditions, ensuring optimal protection without compromising mobility or comfort.

For biological protection, multilayered systems incorporate advanced antimicrobial fabrics and biocidal coatings that neutralize harmful pathogens. These materials are engineered to actively kill bacteria, viruses, and other biological agents upon contact, providing an additional layer of defense against biological threats. Furthermore, integrated biosensors can be embedded within the protective gear to detect the presence of biological agents in real-time, allowing for rapid assessment and response to potential contamination.

Another significant innovation in these systems is the integration of smart technology and real-time monitoring. Sensors embedded within the layers of the protective gear can continuously monitor environmental conditions, including the presence of chemical, radiological, and biological agents, as well as the wearer's vital signs. This data is transmitted to a central command system, enabling commanders

to make informed decisions about troop movements, potential exposure levels, and the need for decontamination or evacuation. In addition, wearables and communication systems allow for seamless communication between soldiers and command centers, ensuring that all personnel are informed and coordinated during operations.

One of the primary challenges in developing multilayered protection systems is balancing protection with operational effectiveness. While it is critical to ensure that military personnel are shielded from CRB hazards, the protective gear must not impede their mobility, endurance, or effectiveness in the field. To address this, significant efforts have been made to develop lightweight, ergonomic designs that offer enhanced flexibility and comfort. Advanced materials, such as flexible polymers and elastomers, are used to create protective layers that conform to the body, providing a snug fit without restricting movement. Additionally, the design of the systems takes into account the wearer's ability to perform essential tasks, such as operating weapons, performing first aid, and communicating with other personnel.

In conclusion, the development of multilayered protection systems against chemical, radiological, and biological hazards is crucial for the safety and operational effectiveness of military personnel. Innovations in materials science, sensor technology, and modular design have led to the creation of more effective, flexible, and comfortable protective systems.

References

1. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
2. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
3. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.
4. Axundov R. Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları,–Bakı: MMU. – 2023. – C. 137-138.
5. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.
6. Axundov R., Abdullayev R. S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi //Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – №. 1. – C. 9.
7. Akhundov R. G., Ibadov P. Problematic issues and prospects for the development of airborne radiation, chemical and biological reconnaissance systems //Baku: National security and military sciences,-2023.-1 (9).-p. – 2023. – C. 38-46.

EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION SYSTEMS IN THE MILITARY UNDER RADIATION THREATS

Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

The role of environmental protection systems in the military has become increasingly significant as the world faces growing concerns regarding nuclear, radiological, and chemical threats. Particularly, radiation threats pose severe risks not only to human health but also to military infrastructure and operational capabilities. To address these challenges, modern military forces have developed comprehensive environmental protection systems designed to safeguard personnel, critical assets, and the environment from the detrimental effects of radiation exposure. This paper aims to evaluate the effectiveness of these protection systems in military contexts, focusing on technological advancements, operational strategies, and the challenges faced in integrating these systems into military operations.

Technological advancements in environmental protection systems - the development of environmental protection systems has evolved significantly over the past decades, particularly in response to the potential use of nuclear and radiological weapons. Modern systems incorporate advanced detection technologies, such as radiation sensors, and specialized equipment, including protective suits and air filtration systems. These systems are designed to detect radiation levels in real-time, provide early warning to military personnel, and mitigate exposure through various barriers and filters. The integration of automated and autonomous systems, such as robotic decontamination units, has further enhanced the operational efficiency of military units in contaminated environments. Technological innovations such as these have played a key role in improving the overall effectiveness of environmental protection systems in ensuring the safety and readiness of military forces.

Operational strategies for radiation protection in military operations - the effectiveness of environmental protection systems in the military depends heavily on their integration into operational planning. Military operations in radiologically contaminated environments require thorough preparation and coordination to minimize radiation exposure. The implementation of radiation safety protocols, including the establishment of radiation detection zones, safe zones, and decontamination stations, is critical in maintaining the health and safety of military personnel. Furthermore, the strategic use of protective equipment and shelters during operations, combined with efficient evacuation procedures, ensures that military personnel can perform their tasks while minimizing the risks associated with radiation exposure. Training and simulations play a vital role in preparing military units for operations in contaminated environments, enabling them to respond effectively and efficiently under high-stress conditions.

Challenges in implementing and maintaining environmental protection systems - despite advancements in technology and operational strategies, several challenges remain in the effective implementation and maintenance of environmental protection

systems in military contexts. One of the primary challenges is the integration of these systems into existing military infrastructure. Many armed forces around the world still face difficulties in ensuring that protection systems are universally available and properly maintained. This is particularly relevant in regions with limited resources or in areas affected by ongoing conflict, where the deployment of complex systems may not be feasible. Additionally, the long-term exposure to radiation can pose health risks even with protective measures in place, requiring continuous monitoring and post-exposure care. The need for constant innovation in detection technologies and protective equipment further adds to the complexity of maintaining effective protection systems.

The increasing threat of radiation exposure in military operations highlights the need for effective environmental protection systems that can safeguard both military personnel and critical infrastructure. Advances in technology, strategic operational planning, and international cooperation have contributed to the enhancement of these systems. However, challenges remain in the integration, maintenance, and effectiveness of these protection measures, particularly in the face of new and evolving threats. Continued investment in research, technological innovation, and multinational collaboration will be essential in ensuring that environmental protection systems remain a robust and reliable component of military readiness, capable of mitigating the risks associated with radiation exposure in complex operational environments.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Ахундов Р. Г. Влияние военной деятельности на окружающую среду // Санкт-Петербург. – 2024. – Т. 29. – №. 1. – С. 51.
5. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvi və bioloji kəşfiyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20
6. Axundov, R.Q. Radiasiya, kimyəvi və bioloji mühafizə sisteminin texniki təminatının analizi // “Milli təhlükəsizlik və müasir hərbi sənəti” mövzusunda keçirilmiş respublika elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı: MMU Hİİ, – 1-2 noyabr, – 2023, – s.470-472.
7. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.– Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

EXPERIENCE OF INTERNATIONAL COOPERATION IN THE FIELD OF MILITARY ENVIRONMENTAL SAFETY

Jabrayilov A.R., Hashimov E.G., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

International cooperation in the field of military environmental safety has become an essential element in ensuring the security and sustainability of military operations across the globe. As environmental risks such as chemical spills, nuclear contamination, and the degradation of ecosystems increasingly affect military activities, collaborative efforts between nations have proven to be crucial in addressing these challenges effectively. This thesis explores the experience of international cooperation in military environmental safety, examining both the successes and the challenges faced by various countries and international organizations in managing environmental threats within the military domain.

The primary goal of this research is to highlight the importance of joint efforts between military and civilian entities in the protection of the environment during military operations. While military activities are often associated with the use of hazardous materials and high-risk technologies, international collaboration has shown that shared expertise, resources, and knowledge can significantly enhance the effectiveness of environmental protection measures. This cooperation takes many forms, including bilateral and multilateral agreements, joint training exercises, shared research initiatives, and the establishment of international norms and standards for military environmental safety.

One of the most notable examples of international cooperation in this field is the work of organizations such as the United Nations Environment Programme (UNEP) and the Organization for Security and Cooperation in Europe (OSCE). These organizations play a pivotal role in coordinating efforts to reduce the environmental impact of military activities. UNEP, for instance, has been instrumental in promoting sustainable practices within the military and advocating for the adoption of environmentally friendly technologies. Through its initiatives, UNEP works to integrate environmental considerations into military planning and operations, helping to minimize ecological damage caused by armed conflicts.

Additionally, multilateral agreements, such as the 1993 Chemical Weapons Convention (CWC) and the 1972 Biological Weapons Convention (BWC), have paved the way for greater international cooperation in the field of military environmental safety. These treaties not only aim to eliminate the use of weapons of mass destruction but also establish clear guidelines for managing the environmental risks associated with the production, storage, and disposal of hazardous materials. By setting international standards and providing mechanisms for monitoring compliance, these agreements have helped reduce the ecological footprint of military activities and fostered a shared responsibility among nations to safeguard the environment. Furthermore, joint military exercises and research collaborations have enabled countries to exchange best practices and lessons learned in the field of

environmental safety. For example, the NATO Science for Peace and Security (SPS) Programme has supported numerous projects aimed at improving the environmental performance of military operations. These initiatives bring together military personnel, environmental experts, and researchers to develop innovative solutions for reducing the environmental impact of defense activities. Collaborative research in areas such as contamination detection, waste management, and the development of green technologies has been a key driver in enhancing the sustainability of military operations.

However, despite the progress made through international cooperation, challenges remain in fully integrating environmental considerations into military practices. Disparities in resources, political priorities, and national regulations can hinder the effective implementation of international agreements and standards. Additionally, the rapid pace of technological advancement in the defense sector presents new challenges in ensuring that military activities remain environmentally responsible. As countries continue to develop and deploy advanced military technologies, the need for ongoing international dialogue and cooperation becomes even more critical.

In conclusion, international cooperation in the field of military environmental safety plays a vital role in mitigating the ecological impacts of military operations. Through the establishment of international agreements, the sharing of research and expertise, and the implementation of joint initiatives, nations can work together to address environmental challenges in a more coordinated and effective manner.

References

1. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları, –Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
2. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference “Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
3. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyevi və bioloji kəşfiyyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20.
4. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
5. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyevi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
6. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
7. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizada Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR RADIOLOGICAL AND CHEMICAL SAFETY IN MILITARY UNITS

Mammadov E.V., İslamov İ.C., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

In modern military operations, the protection of personnel from radiological and chemical hazards is critical for ensuring operational effectiveness and safeguarding national security. With the increasing complexity of military missions, the need for advanced technologies in the field of radiological and chemical safety has never been more pressing.

Radiological and chemical threats pose significant risks to military personnel, both during combat operations and in the aftermath of attacks. These hazards are not only lethal but can also have long-term consequences on the environment and the health of soldiers. Traditional methods of radiation and chemical detection often fall short in addressing the evolving nature of threats, necessitating the development of innovative technologies that can provide more reliable, real-time assessments and responses.

One of the most significant advancements in radiological safety is the development of portable radiation detection systems. These systems have evolved from bulky, stationary equipment to compact, user-friendly devices that provide immediate readings of radiation levels in the field. Technologies such as scintillation counters, gamma spectrometers, and portable radiation portals are now being used by military units to quickly assess the presence of radioactive materials in both outdoor and indoor environments. These devices are crucial in the early detection of nuclear or radiological attacks, allowing military personnel to take immediate protective measures, such as evacuation or sheltering in place.

Similarly, chemical warfare agents continue to present significant threats to military forces. New detection technologies, such as chemical sensors and detectors that use advanced spectroscopic techniques, are enabling more precise identification of chemical agents in the field. These technologies have improved sensitivity and selectivity, enabling military personnel to identify even trace amounts of chemical agents that may not have been detectable using older systems. For example, the use of mass spectrometry and ion mobility spectrometry in portable chemical detection systems has revolutionized the ability to detect and identify chemical agents in real time.

In addition to detection technologies, innovations in protective equipment have significantly enhanced the ability of military personnel to safeguard themselves against radiological and chemical threats. New materials, such as advanced nanomaterials and composites, are being incorporated into personal protective equipment (PPE), including gas masks, suits, and gloves. These materials offer enhanced protection against chemical and radiological exposure while maintaining comfort and mobility for soldiers in the field. Moreover, wearable sensors are being integrated into military uniforms to continuously monitor exposure to radiation and

chemicals, providing real-time data to commanders and enabling prompt action to mitigate risks.

Another key development in the area of radiological and chemical safety is the use of unmanned systems, such as drones and robots, to conduct hazardous material reconnaissance. These systems are capable of operating in environments that are too dangerous for human personnel, such as contaminated zones or areas affected by nuclear fallout. Equipped with radiation detectors and chemical sensors, these unmanned systems can survey areas for contamination, provide real-time data, and even conduct decontamination operations, all without putting human lives at risk.

Despite the progress made in radiological and chemical safety technologies, challenges remain. The continuous development of new, more potent chemical and radiological agents requires ongoing innovation and adaptation of existing technologies. Additionally, the cost of deploying and maintaining advanced detection systems, protective equipment, and unmanned platforms can be substantial. As such, ensuring the availability and affordability of these technologies remains a critical consideration for military planners.

In conclusion, innovative technologies for radiological and chemical safety are playing an increasingly vital role in ensuring the safety and effectiveness of military units in the face of evolving threats. From advanced detection systems to new materials for protective equipment, these technologies provide military personnel with the tools necessary to protect themselves from hazardous agents and to respond effectively to emerging threats. The integration of unmanned systems and AI further enhances situational awareness and decision-making, improving the ability to mitigate risks.

References

1. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – ВА „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
2. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
3. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizada Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – С. 14-17.
4. Axundov R. Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları,–Bakı: MMU. – 2023. – С. 137-138.
5. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – С. 95-96.
6. Axundov R., Abdullayev R. S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi //Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – №. 1. – С. 9.
7. Akhundov R. G., İbadov P. Problematic issues and prospects for the development of airborne radiation, chemical and biological reconnaissance systems //Baku: National security and military sciences, -2023.-1 (9).–p. – 2023. – С. 38-46.

MODELING AND FORECASTING RADIOLOGICAL AND CHEMICAL THREATS IN THE MILITARY SPHERE

Talibov A.M.

Institute of Control Systems, Baku, Azerbaijan

Hashimov E.G.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Akhundov R.G.

National Defense University, Baku, Azerbaijan

The threat of chemical and radiological contamination is a critical concern for military operations. Accurate modeling and forecasting of these threats are essential for effective preparedness, response, and mitigation. This paper explores the methodologies and technologies used to model and predict chemical and radiological hazards in military settings.

The primary goal of threat modeling in the military is to predict the outcomes of chemical or radiological incidents, assess associated risks, and develop strategies to mitigate impacts. The modeling process includes factors such as the hazardous substance's nature and quantity, environmental conditions, weather data, and the vulnerabilities of affected populations or infrastructure. By simulating different threat scenarios, military decision-makers can evaluate countermeasures, determine deployment strategies, and allocate resources effectively to protect personnel and minimize casualties.

Recent advancements in computational technologies have enabled the development of sophisticated models that simulate the dispersion of chemical agents and radioactive materials. These models account for the physical and chemical properties of substances, environmental conditions, and topography, which influence contamination spread. For example, the dispersion of chemical agents in the atmosphere can be affected by wind speed, temperature, and humidity. Similarly, the spread of radioactive materials depends on terrain features, precipitation, and vegetation. Incorporating these factors into models allows for accurate contamination predictions, crucial for timely evacuations and protective measures.

The integration of artificial intelligence (AI) and machine learning has further enhanced the accuracy of threat forecasting. AI algorithms analyze vast amounts of data from multiple sources, such as satellite imagery and sensor networks, to identify trends and patterns. These predictive models can provide real-time forecasts, allowing military forces to respond proactively. AI-powered models can integrate various data sources, giving a more comprehensive understanding of potential risks.

Forecasting also involves understanding human behavior, such as how military personnel and civilians will respond to hazardous substances. Simulations predict how soldiers will navigate contaminated zones, the protective equipment required, and how long it will take them to reach safety. This information is vital for optimizing resource deployment and ensuring military personnel's safety.

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with sensors for chemical and radiation detection has significantly improved the monitoring of these threats. UAVs provide real-time data on contamination levels, which can be integrated into forecasting models for continuous updates. This capability enables dynamic strategy adjustments, improving the military's response.

These models play a vital role in strategic planning by simulating various scenarios and developing contingency plans for different contamination levels. These plans include protocols for decontamination, medical responses, and the distribution of protective equipment. Through simulation, military planners can refine these protocols and ensure effective deployment during actual events.

Despite their benefits, threat forecasting models face challenges, particularly the uncertainty in predicting the behavior of chemical and radiological agents. Environmental variability, human actions, and the interaction of different substances complicate precise predictions. However, advancements in computational modeling and AI are reducing these uncertainties and making forecasts more reliable. Another challenge is integrating data from diverse sources, which often have varying levels of accuracy. Effective integration and data fusion are necessary to ensure that models are based on reliable, comprehensive information. Standardized data-sharing protocols across military units are crucial for cohesive and accurate forecasting.

In conclusion, the modeling and forecasting of radiological and chemical threats are essential components of modern military operations, providing tools to protect personnel and infrastructure from the consequences of contamination. Continued advancements in computational models, AI, and sensor technologies will further enhance the military's ability to predict and respond to chemical and radiological threats. By improving forecast accuracy and timeliness, these models contribute to safer and more effective military operations.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları,–Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference ”Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
5. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyevi və bioloji kəşfiyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20.

THE IMPACT OF MILITARY ACTIVITIES ON THE ENVIRONMENT: PATHWAYS FOR MINIMIZING CONSEQUENCES

Mammadov E.V., İslamov İ.C., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

Military operations, while essential for national defense and security, often have significant environmental consequences. The adverse impact of military activities on ecosystems includes contamination of air, soil, and water, biodiversity loss, habitat destruction, and long-term environmental degradation. As military operations evolve and expand, it becomes increasingly important to recognize and address these environmental consequences. This thesis aims to explore the impact of military activities on the environment and identify strategies for minimizing these effects through improved policies, technological innovations, and operational changes.

One of the major environmental challenges associated with military operations is soil and water contamination. The use of explosives, ammunition, and chemicals during military exercises and combat missions can result in hazardous substances entering the soil and groundwater. These substances, including heavy metals, oil, and solvents, can persist for years, posing a threat to both local wildlife and human populations. Moreover, military bases and training areas often contain large quantities of pollutants that may leach into surrounding ecosystems. This contamination can damage agricultural land, degrade water quality, and harm biodiversity. Efforts to mitigate these risks include the use of environmentally friendly ammunition and explosives, as well as improved waste management practices that reduce the release of harmful substances.

Another significant concern is the impact of military activities on biodiversity. Military training areas, particularly those used for large-scale maneuvers and weapons testing, often overlap with natural habitats and wildlife reserves. The noise, destruction of vegetation, and disturbance of natural ecosystems caused by military activities can drive species from their habitats, leading to population decline or even extinction. Additionally, the construction of military infrastructure, such as roads, airfields, and bases, can fragment ecosystems, preventing the movement of wildlife and disrupting migration patterns. To address these issues, military planners must consider environmental conservation as an integral part of operational planning. Measures such as establishing buffer zones, minimizing infrastructure development in sensitive areas, and conducting environmental impact assessments prior to military exercises can help protect biodiversity.

The use of chemical agents and toxins is another critical issue in military activities. The deployment of chemical weapons, although prohibited under international law, continues to pose significant risks in certain conflict zones. The environmental consequences of chemical weapon use are severe, with long-term contamination of soil and water resources. Additionally, military activities often involve the disposal of hazardous waste, which can include toxins, fuels, and other

harmful materials. One strategy for mitigating the impact of these substances is the development and use of biodegradable materials, as well as the creation of specialized containment systems to manage hazardous waste. Furthermore, advancements in decontamination technologies offer promising solutions for neutralizing harmful substances after their use.

Technological innovations also play a crucial role in reducing the environmental impact of military activities. The development and implementation of advanced technologies, such as electric and hybrid vehicles, unmanned aerial vehicles (UAVs), and energy-efficient equipment, can help reduce the reliance on fossil fuels and decrease emissions. Additionally, improvements in waste management technologies, such as recycling systems and biodegradable materials, can help reduce the environmental footprint of military operations. The use of remote sensing and environmental monitoring technologies can also provide real-time data on environmental conditions, enabling military units to adjust their strategies and minimize environmental harm during operations.

In conclusion, while military activities inevitably have some environmental consequences, there are numerous pathways for minimizing their impact. Protecting ecosystems, conserving biodiversity, and addressing climate change should be viewed as essential components of national security and military readiness. Moving forward, greater international collaboration and the development of global standards for military environmental protection are crucial for ensuring that military operations are carried out with minimal harm to the environment and future generations.

References

1. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyəvi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları,–Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
2. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference ”Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
3. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
4. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.
5. Axundov R. Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvi və bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərbi sənətinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları,–Bakı: MMU. – 2023. – C. 137-138.
6. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

SYSTEMIC RISK ANALYSIS OF CHEMICAL AND RADIOLOGICAL CONTAMINATION IN THE MILITARY

Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

The increasing prevalence of non-conventional warfare and the potential use of chemical and radiological agents in military conflicts necessitate a comprehensive approach to assessing and managing risks associated with contamination. Chemical and radiological hazards present complex and multifaceted challenges to military operations, personnel safety, and long-term infrastructure sustainability. The integration of risk analysis into military planning and response strategies is essential for mitigating the devastating effects of these threats. This paper focuses on systemic risk analysis methods used to assess the risks of chemical and radiological contamination in military settings, emphasizing the importance of predictive modeling, real-time risk assessments, and the role of contingency planning.

The first step in risk analysis is identifying and understanding chemical and radiological threats. Chemical agents vary in their properties and effects, and radiation hazards differ depending on the type and source. Risk assessments must consider the agents' properties, behavior, and their impact on personnel and military assets.

A combination of qualitative and quantitative risk assessments is used to evaluate contamination risks. Predictive models allow military planners to simulate scenarios and forecast potential outcomes, taking into account factors like weather and terrain. Real-time data from monitoring systems further supports dynamic risk analysis.

Chemical and radiological threats also impact military infrastructure. Identifying vulnerable assets like command centers, airfields, and communication systems is crucial. The risk assessment includes the resilience of protective measures and the long-term consequences of contamination, which can disrupt military operations.

A comprehensive risk management plan involves defining acceptable risk levels, implementing preventive measures, and preparing for quick response. This includes early warning systems, decontamination procedures, and training personnel to recognize and respond to contamination.

Scenario-based simulations are used to evaluate the potential impact of different contamination events. These simulations help assess protective measures, identify weaknesses, and optimize resource allocation during real-time military operations.

Real-time monitoring systems, including radiation sensors and chemical detectors, provide continuous feedback on contamination levels. Advanced technologies, like AI and machine learning, enhance predictive models, and unmanned systems support reconnaissance and decontamination.

Challenges in risk analysis include the complexity of modeling the spread of contamination and the possibility of hybrid threats like combined chemical and radiological attacks. Advancements in computational modeling, sensor technologies, and AI will improve risk analysis, alongside research into long-term health effects on military personnel.

Systemic risk analysis is a critical component of military preparedness in the face of chemical and radiological threats. By employing comprehensive risk assessment methodologies, predictive modeling, and real-time data integration, military planners can better anticipate the consequences of contamination events and develop effective response strategies. The ability to assess vulnerabilities in military infrastructure, manage operational risks, and run scenario-based simulations enhances the military's capacity to protect personnel and critical assets. Continued innovation in risk analysis tools and technologies, along with cross-disciplinary collaboration, will play a pivotal role in advancing the resilience of military operations in an increasingly complex security environment. Ultimately, systemic risk analysis will ensure that military forces are better equipped to mitigate the risks of chemical and radiological contamination, safeguarding both personnel and infrastructure in the face of evolving threats.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Ахундов Р. Г. Влияние военной деятельности на окружающую среду // Санкт-Петербург. – 2024. – Т. 29. – №. 1. – С. 51.
5. Axundov, R.Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvi və bioloji kəşfiyyatının əsasları // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №4, – s. 16-20
6. Axundov, R.Q. Radiasiya, kimyəvi və bioloji mühafizə sisteminin texniki təminatının analizi // “Milli təhlükəsizlik və müasir hərbi sənəti” mövzusunda keçirilmiş respublika elmi-praktik konfransın materialları , – Bakı: MMU Hİİ, – 1-2 noyabr, – 2023, – s.470-472.
7. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.– Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

ECO-INNOVATIONS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE MILITARY SECTOR IN THE FACE OF CONTEMPORARY CHALLENGES

Mammadov E.V., İslamov İ.C., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

In recent years, the concept of sustainability has gained increasing importance across all sectors of society, including defense. The military, traditionally associated with significant environmental impacts, is now under growing pressure to reduce its ecological footprint and adopt more sustainable practices. This thesis examines the role of eco-innovations in the military sector and explores how they can contribute to sustainable development in the face of contemporary challenges. It will focus on the potential for green technologies, eco-friendly practices, and innovative solutions to address the environmental, economic, and security challenges facing the defense sector today.

The military sector has long been one of the largest consumers of energy and natural resources, and a major emitter of greenhouse gases. The traditional methods of operation, including the use of fossil fuels for vehicles, aircraft, and ships, as well as the environmental consequences of weapons testing, training exercises, and base construction, contribute to significant environmental degradation. With the increasing emphasis on climate change and environmental preservation, the military sector must find ways to balance its operational needs with ecological responsibility. Eco-innovations present an opportunity to revolutionize how military operations are conducted, reducing their environmental impact while maintaining readiness and operational effectiveness.

Another important area of eco-innovation in the military sector is the development of sustainable infrastructure. Military bases and training facilities are often located in ecologically sensitive areas, and their construction and operation can have a significant impact on local ecosystems. The use of sustainable building materials, energy-efficient designs, and environmentally friendly construction practices can help mitigate the ecological impact of military infrastructure. Green infrastructure, such as rainwater harvesting systems, green roofs, and energy-efficient buildings, can help military bases reduce their environmental footprint while enhancing resilience to climate change.

The integration of eco-innovations into military operations also requires changes in the training and operational strategies of armed forces. Educating military personnel about environmental issues and sustainable practices is essential to ensuring the successful implementation of eco-friendly technologies and practices. This includes providing training on energy efficiency, waste management, and the use of renewable resources. Furthermore, operational planning must take into account environmental considerations, ensuring that military exercises and missions are conducted with minimal environmental impact.

Sustainable development in the military sector is not only about reducing environmental harm but also about enhancing the resilience and long-term viability of military operations. By adopting eco-innovations, the military can improve its energy security, reduce logistical vulnerabilities, and contribute to global environmental goals. The integration of eco-friendly technologies also aligns with broader national and international sustainability targets, such as the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). By embracing these innovations, the military can lead by example, demonstrating that national security and environmental stewardship can go hand in hand.

However, the adoption of eco-innovations in the military sector faces several challenges. One of the main obstacles is the initial cost of implementing new technologies and practices. While many green technologies are becoming more affordable, the upfront investment required for research, development, and infrastructure changes can be significant. Additionally, there are concerns about the performance of eco-friendly technologies in extreme military environments. It is essential to ensure that green technologies do not compromise the operational effectiveness and readiness of military forces. Thus, continued research and development are necessary to ensure that eco-innovations are both effective and reliable under challenging conditions.

In conclusion, eco-innovations offer a promising path toward sustainable development in the military sector. By embracing green technologies, improving waste management practices, and developing sustainable infrastructure, the military can reduce its environmental impact while enhancing its operational effectiveness. While there are challenges to overcome, the potential benefits of eco-innovations in terms of energy security, environmental preservation, and long-term sustainability are significant.

References

1. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски“, 2024. – С. 410-422.
2. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
3. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.
4. Axundov R. Q. Azərbaycan Ordusunda radiasiya, kimyəvə bioloji mühafizənin inkişaf problemləri və onların həlli yolları // Hərb sənətinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları,–Bakı: MMU. – 2023. – C. 137-138.
5. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.
6. Axundov R., Abdullayev R. S. Karbon əsaslı adsorbentlərin sintezi və tətbiqi //Bakı: Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər. – 2023. – №. 1. – C. 9.

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN ENSURING THE SAFETY OF MILITARY UNITS

Jabrayilov A.R., Hashimov E.G., Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

Environmental monitoring plays a crucial role in ensuring the safety and operational effectiveness of military units, particularly in the context of modern warfare where environmental hazards such as chemical spills, radiological contamination, and toxic waste pose significant risks to personnel and mission success. The integration of advanced environmental monitoring systems within military operations enables real-time data collection and analysis, which is essential for making informed decisions, mitigating risks, and enhancing the protection of both soldiers and the environment. This thesis explores the vital role of environmental monitoring in safeguarding military units, examining the technologies, strategies, and challenges involved in its implementation.

One of the key functions of environmental monitoring is the detection of hazardous substances, such as chemicals, biological agents, and radiation, which are commonly encountered during military operations. Chemical and biological weapons, as well as radiological threats, can significantly compromise the safety of military personnel and civilians alike. Advanced monitoring technologies, including sensor networks, satellite imaging, and unmanned aerial vehicles (UAVs), provide the capability to detect these hazards in real-time and assess their potential impact. The ability to quickly identify the presence of harmful substances allows military units to respond swiftly and deploy appropriate protective measures, such as protective suits, evacuation protocols, or decontamination procedures.

Moreover, environmental monitoring plays a crucial role in ensuring the safety of military personnel in relation to the surrounding ecosystem. Activities such as large-scale military exercises, weapon testing, and base construction can result in soil, water, and air contamination. Monitoring systems can track these changes, alerting commanders to potential ecological hazards that may harm both personnel and the environment. In this regard, environmental monitoring extends beyond human health to include broader ecological considerations, ensuring that military operations do not contribute to long-term environmental degradation.

Environmental monitoring systems also aid in risk assessment and resource management. By continuously tracking environmental conditions, such as air quality, temperature, humidity, and weather patterns, military units can anticipate changes in the environment that could affect their ability to operate effectively. For example, extreme weather conditions such as heavy storms or high winds can disrupt communications, damage infrastructure, and limit mobility. By integrating environmental data with operational planning, military units can adjust their strategies, ensuring the safety and success of their missions.

However, there are several challenges associated with implementing environmental monitoring systems in military settings. One of the main obstacles is

the complexity and cost of deploying advanced monitoring technologies in the field. In remote or hostile environments, it can be difficult to establish and maintain sensor networks, and the reliability of these systems may be compromised by adverse weather conditions, enemy interference, or logistical constraints. Furthermore, the integration of environmental monitoring data with other military systems, such as command and control centers, requires advanced communication technologies and secure data management protocols to ensure seamless operation.

Another challenge is the need for proper training and education of military personnel in environmental monitoring practices. Effective use of monitoring systems requires personnel who are knowledgeable about the technologies and able to interpret environmental data accurately. Additionally, military units must be equipped with the necessary tools and resources to respond to environmental threats quickly and effectively. This necessitates regular training exercises and the development of standard operating procedures for environmental emergencies.

In conclusion, environmental monitoring plays an indispensable role in ensuring the safety of military units by providing real-time data on potential hazards and enabling proactive decision-making. The use of advanced monitoring technologies, combined with AI and data analytics, enhances the ability of military forces to detect and respond to environmental threats, thereby safeguarding personnel and maintaining mission effectiveness. While challenges remain in implementing these systems, the continued advancement of environmental monitoring technologies holds significant potential for improving the safety and sustainability of military operations.

References

1. Axundov R. Q. Radiasiya, kimyəvi və bioloji mühafizə sisteminin təkmilləşdirilmə istiqamətləri // Müdafiə sənayesi üzrə ixtisaslı kadr hazırlığı: radioelektron, aerokosmik sistemlər və robotlar” mövzusunda II Respublika elmi-texniki konfransın materialları, –Bakı: AzTU. – 2023. – C. 89-92.
2. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference ”Problems of informatization”. – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
3. Akhundov R. The Environmental Consequences of Military Activity //20 години България в НАТО и НАТО в България. – Военна академия „Г. С Раковски”, 2024. – С. 410-422.
4. Axundov, R.Q. Pilotsuz uçuş aparatlarının radiasiya və kimyəvi kəşfiyyatda tətbiqi // – Bakı: Hərbi bilik, – 2023. №2, – s. 23-31.
5. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
6. Axundov R. Q., Abiyev Q. A., Nabizadə Z. Radiasiyanın aktiv kömürlərin mexaniki möhkəmliyinə təsiri //Tibb elmləri doktoru Əzəm Təyyar oğlu Ağayevin anadan olmasının. – T. 75. – C. 14-17.

MODERN APPROACHES TO ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE ARMY: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Akhundov R.G.

Military Research Institute of the National Defense University, Baku, Azerbaijan

Environmental protection in the military sphere has become a critical issue due to the increasing risks associated with armed conflicts, industrial pollution, and the long-term consequences of hazardous military activities. Modern armies must balance operational effectiveness with sustainable environmental management to prevent irreversible damage to ecosystems and human health.

Chemical and radiation hazards pose severe threats to both military personnel and civilian populations. Accidental spills, the use of hazardous materials in combat zones, and the improper disposal of military waste contribute to environmental degradation. Additionally, the rise of unconventional warfare, including the potential use of chemical and radiological weapons, necessitates the development of advanced protective and monitoring systems.

Given these challenges, it is imperative to explore and implement modern approaches to environmental protection within the armed forces. This study aims to analyze the current challenges in military environmental protection and propose innovative solutions to enhance chemical and radiation safety in military operations.

The analysis highlights several major environmental challenges faced by modern armed forces: chemical and radiological contamination - military activities, including training exercises, combat operations, and equipment maintenance, often involve the use of hazardous substances that can contaminate soil, water, and air; waste management issues - military installations produce significant amounts of hazardous waste, including fuel residues, explosives, and toxic chemicals, which require proper disposal methods; lack of integrated monitoring systems - many military bases still rely on outdated environmental monitoring systems that do not provide real-time data on pollution levels; insufficient training and awareness - many military personnel lack adequate training in environmental safety measures, leading to inefficient responses to ecological threats.

To address these challenges, several modern approaches can be implemented:

Implementation of AI-Based environmental monitoring systems - Artificial intelligence (AI) and big data analytics can significantly improve environmental monitoring in military operations. AI-powered sensors can detect hazardous substances in real time and provide early warnings of contamination risks. Automated data analysis enables military leaders to make informed decisions regarding environmental protection strategies.

Use of Smart Decontamination Technologies - Advanced decontamination technologies, such as nanomaterial-based filtration systems and autonomous decontamination drones, offer more efficient and safer methods for neutralizing hazardous substances. These technologies can be deployed rapidly in contaminated areas, minimizing risks to personnel.

Development of Eco-Friendly Military Equipment - The introduction of biodegradable materials, low-emission engines, and sustainable energy sources in military vehicles and equipment can reduce the ecological footprint of armed forces. Research into green alternatives for fuel and ammunition is essential for minimizing long-term environmental damage.

Establishment of Eco-Security Protocols - Military organizations should develop comprehensive eco-security protocols that outline clear procedures for handling hazardous materials, preventing pollution, and responding to environmental crises. These protocols should be integrated into standard military operational procedures.

Integration of Environmental Training in Military Education - One of the most cost-effective solutions for improving environmental protection is enhancing military training programs. Personnel must be educated on proper waste disposal, the risks of chemical and radiation exposure, and best practices for environmental sustainability. Simulated exercises on handling environmental hazards should become a standard part of military training curricula.

The implementation of modern environmental protection strategies in the military is essential for ensuring the safety of personnel, civilians, and ecosystems. This study highlights the necessity of integrating AI-based monitoring, smart decontamination technologies, eco-friendly equipment, and enhanced training programs into military operations.

References

1. Akhundov R. G. Military conflicts and environmental safety // Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine, – 25-26 April 2024, Vol 2, – p.89-90.
2. Akhundov R.G. Talibov A.M. Environmental safety as a component of national security // The latest technologies - for the protection of airspace. Abstracts of the 20th international scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub. – Kharkiv, Ukraine, – 02-03 May 2024, – p.25-27.
3. Akhundov R. Application of means of remote radiation reconnaissance // Modern trends in the development of information and communication technologies and management tools. Abstracts of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference. – Kharkiv, Ukraine. – 2023. – T. 2. – C. 8-9.
4. Ахундов Р. Г. Влияние военной деятельности на окружающую среду // Санкт-Петербург. – 2024. – Т. 29. – №. 1. – С. 51.
5. Akhundov R. G. Methods of conducting chemical exploration // Abstracts of reports of the eleventh international scientific and technical conference "Problems of informatization". – Kharkiv, Ukraine, – 16–17 November 2023, Vol 2, – p.104-105.
6. Axundov, R.Q. Radiasiya, kimyevi və bioloji mühafizə sisteminin texniki təminatının analizi // "Milli təhlükəsizlik və müasir hərbi sənəti" mövzusunda keçirilmiş respublika elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı: MMU Hİİ, – 1-2 noyabr, – 2023, – s.470-472.
7. Akhundov R. Ecocide in the Nagorno-Karabakh Conflict: An Analysis of Armenia's Environmental Impact on Azerbaijan //Current directions of development of information and communication technologies and control tools. Abstracts of the Fourteenth International Scientific and Technical Conference.–Kharkiv, Ukraine. – 2024. – T. 2. – C. 95-96.

METHODS FOR DETECTING MINI AND MICRO UAVs USING ULTRA-WIDEBAND RADIO SIGNALS

Ibrahimov B.G.

Azerbaijan Technical University; Baku, Azerbaijan
National Defense University; Baku, Azerbaijan

Mehdiyev A.A.

Azerbaijan Technical University; Baku, Azerbaijan

When analyzing wars and conflicts in modern times, it is proven that mini and micro drones are more widely used in theaters of war and they perform a wide variety tasks depending on their specific purpose. Mini and micro drones are able to fly at very low altitudes in complex geographical locations, while simultaneously avoiding radio detection, infrared radiation and acoustic radiation [1, 2].

Since the flight trajectories of mini and micro UAVs are realized at very low altitudes, in valleys, ravines, behind and at the foot of land elevations, as well as along the horizon, their detection by radars of anti-aircraft missile complexes and radio-technical systems in these conditions is limited [1, 3-7].

The use UAVs in a wide range positions and purposes over time constantly changes and develops their concepts. As evidence and proof of these facts, it is enough to look at the chronologies of the processes taking place in the former post-Soviet spaces (Karabakh wars, Ossetia-Georgia, Russia-Ukraine wars), armed conflicts and battles. We have witnessed the great advantages mini and micro UAVs with artificial intelligence in these hotbeds of war.

From this perspective, when armed conflicts occur in modern times, the technical solution to these problems, the detection and destruction of mini and micro UAVs and the drowning of the control system (the drowning and taking control of the enemy UAV as a spoil) remains one main issues for the parties to the conflict in our time [1, 4].

Since the Aerospace and Air Forces play the leading role among the main types troops in modern wars and conflicts, the basis of combat missions is the timely and long-range detection air targets in order to destroy them before they enter the border zone of the battlefield.

In general, drones and UAVs are continuously controlled by radio signals from the ground or any object remotely or autonomously using navigation systems and at the same time determine their own telemetric parameters, from this point view they cannot realistically fly without using this method [1].

It is from this perspective that we will attempt to detect these objects themselves and their radio navigation systems, determine their bearings, determine their coordinates, and analyze the jamming methods used against them by detecting the electromagnetic waves emitted by the communication means used in the control UAVs and drones with the help of passive radio and radar stations.

However, since information exchange in mini and micro UAVs that meet more modern requirements is organized via ultra-wideband communication channels, it is

almost impossible to detect targets operating in this spectrum using radio interception and radar detection methods [1, 4].

It is from this point of view that it is recommended to use passive ultra-wideband (SSC-Spread Spectrum Communications) radio interception and radar stations when detecting this type of UAV. Ultra-wideband signals are radio signals with an "ultra-wide" frequency spectrum width (microwave signals) and are used for radar and ultra-wideband radio communications. Even with the help of existing radio technical reconnaissance means, it is very difficult to detect signals with such a small spectral density.

In ultra-high frequency radio devices, the upper limit of the frequency is usually at least twice as large as the lower limit [1]:

$$\mu = \frac{\Delta F}{(f_{lower} + f_{upper})/2} \geq 0,5$$

For the proposed expression, the condition $c\tau \ll L$ must be satisfied in ultra-high frequency radar systems.

Here, c is the speed of light, τ is the duration of the signal or the width of its autocorrelation function, and L is the size of the object reflecting the signals.

References

1. Hashimov, E.G., Sabziev, E.N., Huseynov, B.S., Huseynov, M.A. Mathematical aspects of determining the motion parameters of a target by UAV//Kharkov: Advanced Information Systems, - 2023. 7(1), 18–22.
2. Kerimov R.I., Bakhtiyarli I.B., Namazov S.N., Guliyev F.T., Mammadov V.S., Abdullayeva Sh.S., Mashayev Sh.M. Synthesis and study of physicochemical properties of cast iron with functional properties for working part of bimetallic rolling pins. Chemical Problems. Issue 2, Pages 113 – 119, 2021.
3. Yusifbayli N.A., Guliyev H.B., Aliyev A.Q. [Voltage Control System for Electrical Networks Based on Fuzzy Sets](#)//11th World Conference Intelligent System for Industrial Automation-2020. Part of the [Advances in Intelligent Systems and Computing](#), vol.1323, 17 March 2021, Springer, Cham, p.55-63.
4. Hashimov E.G., Khaligov G. The issue of training of the neural network for drone detection //Kharkov: Advanced Information Systems. 2024, vol.8, N3. pp.53-58.
5. Hashimov, E.G., Maharramov R.R. Methods of effective detection of unmanned aerial vehicles // Проблеми інформатизації. Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції. Том 1. -Черкаси – Харків-Баку – Бельсько-Бяла: 18 – 19 листопада, -2021, -с.118-119
6. Hashimov, E.G. et al.. About some aspects of using a flock of UAVS // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції, - Харків: - 26 – 27 квітня, -2023, Том 1: - pp.4-5.
7. Hashimov E. G., Bayramov A. A. The flight dynamics of drones //National security and military sciences. – 2016. – Т. 2. – №. 3. – С. 11-16.

ANALYSIS OF THE CAPACITY CHANNELS RADIO ENGINEERING SYSTEMS USING THE POWER DISTRIBUTION ALGORITHM

Ibrahimov B.G.

Azerbaijan Technical University; Baku, Azerbaijan

National Defense University; Baku, Azerbaijan

Yakhyaev B.M.

National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan

At present, the main feature telecommunication systems in the modern world is the continuous growth of the number of subscribers, as well as their needs and requests. In this difficult competitive environment, such a parameter of a radio communication system as its channel capacity comes to the fore [1, 2].

From this side, the technology multi-antenna transmission has a huge number of advantages in radio engineering systems. For example, with the help of several antennas at the input, it is possible to transmit independent signals from each of them to several subscribers [3, 4].

One of the most important advantages MIMO in radio transmission systems is the effective combating of such systems with fast fading caused by the multipath effect [1].

The multipath effect is an unpleasant situation when the receiver antenna can receive not only the useful signal, but also a number of its copies reflected from different surfaces. The signals at the reception are added up and, since they have traveled different distances, each such copy has its own delay time, as well as a different phase. In the worst case, rapid fading occurs in the communication system.

The appearance such fading occurs unexpectedly, in this case the signal is greatly weakened in a very short time, on average to a depth 30 - 40 dB, and assessing the quality of communication at such moments is impossible.

This article is devoted to the analysis of the capacity of channels of radio engineering systems using the algorithm power distribution between antennas during multi-antenna transmission information.

The capacity of a radio communication system, according to C. Shannon, is the maximum possible number of bits that can be transmitted per unit of time in a single frequency band without errors. It is also called channel capacity, frequency efficiency.

For a SISO (Single Input Single Output) system, the throughput will be determined by the Shannon-Hartley theorem as follows [1, 4]:

$$C_{\text{SISO}} = (F_2 - F_1) \cdot \log_2 [1 + (P_S / \sigma_0^2)] , \quad (1)$$

where ΔF – the bandwidth of the communication channel and is equal to $\Delta F = F_2 - F_1$; P_S – is the signal power and σ_0^2 – is the spectral power of noise in radio engineering systems.

As can be seen, all variables in formula (1) are limited resources, in these circumstances the scientists came up with the idea using multi-antenna technologies,

with the help of which high throughput of channels of radio engineering systems is achieved.

The formula for the throughput of a multi-antenna system -MIMO will look different. It should be noted that in real conditions, the CSI (Channel State Information) between different users always differs, as does the noise level in each of the subchannels [3].

Assuming that in a communication system the receiver does not process the channel matrix and has no connection with the transmitter, the formula looks like this [1]:

$$C_{\text{MIMO}} = \sum_{i=1}^K \log_2[1 + (\lambda_i \cdot P_0 / N\sigma_0^2)], \quad (2)$$

where N – number of transmitting antennas; λ_i – eigenvalues of the channel matrix \mathbf{H} ; K – rank of the channel matrix \mathbf{H} , where the number limits the number of transmitting antennas.

As can be seen from (2), the maximum value of the channel capacity in a radio engineering system is achieved by distributing power using the water filling method [1, 4].

References

1. Левинова О.С. Распределение мощности по принципу водозаполнения в системах с технологией МИМО//Сборник трудов XV Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества». (3-4 марта). М.: МТУСИ, 2021. с. 114 – 116.
2. Kerimov R.İ., Bakhtiyarli İ.B., Namazov S.N., Guliyev F.T., Mammadov V.S., Abdullayeva Sh.S., Mashayev Sh.M. Synthesis and study of physicochemical properties of cast iron with functional properties for working part of bimetallic rolling pins. Chemical Problems. Issue 2, Pages 113 – 119, 2021.
3. Yusifbayli N.A., Guliyev H.B., Aliyev A.Q. Voltage Control System for Electrical Networks Based on Fuzzy Sets//11th World Conference Intelligent System for Industrial Automation-2020. Part of the Advances in Intelligent Systems and Computing, vol.1323, 17 March 2021, Springer, Cham, p.55-63.
4. Ibrahimov B.G., Yakhyayev B.M. Research of transmission capacity radio engineering systems using MIMO technology // Problems of informatization. Proceedings of 12-th International Scientific and Technical Conference November 21–22, 2024. Vol 1: sections 1, 2, 3. Baku–Kharkiv–Bielsko-Biala–2024. pp.50- 51.
5. Ibrahimov, B.G., Hashimov, E.G., Hasanov, A.H., Mammadov, T.H. Research throughput multiservice telecommunication networks // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали 10- і міжнародної науково-технічної конференції, 9-10 квітня 2020. Том1. Баку-Харків-Жиліна, 2020, с.30
6. Ibrahimov B., Hasanov A., Hashimov E. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64

MAGNETIC SUSPENSION SYSTEM FOR REGULATING VIBRATION ACTIVITY IN THE BARREL OF ARTILLERY DEVICES

Ismayilov N.M., Nasirov E.V., Jahangirov V.A.
Military Institute named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

Vibration activity in artillery systems is a critical factor affecting the reliability and operational efficiency of sensitive components within control mechanisms. This paper investigates the structural dynamics of artillery control systems, focusing on the influence of vibration on sensors, logic units, and actuators. The study emphasizes the limitations of current control systems, particularly the failure risks associated with gyroscopic and inertial elements under intense dynamic loads. A key objective of the research is to develop a high-sensitivity vibration measurement device based on Magnetic Levitation System (MLS) technology. The paper analyzes the working principle of the MLS device, in which vertical displacement of a levitating magnetic core—caused by inertial forces during vibration—is converted into an electrical signal using a galvanomagnetic transmitter. This signal is processed through an amplifier and current regulator, creating a feedback loop that adjusts the solenoid current to maintain equilibrium. The paper also identifies specific structural points in the artillery system that are most affected by vibration, and demonstrates that the MLS-based approach allows for high-precision measurement with an error margin of only 0.2%. The results show that integrating such a system significantly improves the operational stability of artillery barrels during both firing and transportation.

References

- 1.F. He, J. S. Dai, S. Y. Lin, M. S. Wang, and X. P. Su, “ High-efficiency and low-hazard artillery recoil reduction technology based on barrel gas reflection,” Sci. Rep. 14, 7497 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58313-2>
- 2.Sabziev, E.N., Babayev S. M., Bayramov Optimizasion of the taktikal group composition with minimum manpower losses // – Baki: Informatics and control problems, – 2024. Vol.44, issue1, – s.9-15.
- 3.A. Hameed, O. Zubair, T. A. Shams, Z. Mehmood, and A. Javed, “ Failure analysis of a broken support strut of an aircraft landing gear,” Eng. Failure Anal. 117, 104847(2020). <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104847>
- 4.Bayramov A. A., Hashimov E. G. Assessment of invisible areas and military objects in mountainous terrain //Defence Science Journal. – 2018. – T. 68. – №. 4. – C. 343-346.
- 5.Hashimov E. G., Bayramov A. A., Xalilov B. M. Terrain orthophotoplanes making for military objects revealing /National security and military sciences.2016. №.4(2). C.14-20.
6. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages //Advanced Information Systems. – 2023. – T. 7. – №. 3. – C. 74-80. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.11>
7. Hashimov E.G. Destruction of enemy combat power in indeterminacy condition //Proc. of Vth international scientific technical conference “Modern development directions of data communication technology and control means”. –2015. –C.23.

MULTI-CRITERIA EVALUATION OF ENERGY ACCUMULATION TECHNOLOGIES FOR DEFENSE ENERGY SECURITY

Zulfugarov B.S., Manafov A., Hashimov E.G.
National Defense University, Baku, Azerbaijan

This study investigates and compares the operational efficiency of seven major types of energy storage systems with the goal of identifying the most suitable option for ensuring uninterrupted energy supply for the Armed Forces of Azerbaijan. As the country shifts toward renewable energy sources, the role of energy storage becomes increasingly critical, especially due to the intermittent nature of renewables. The energy storage types analyzed include electrochemical, capacitor-based, thermal, flywheel, gravitational, pneumatic, and cryogenic systems. Using a multi-parameter assessment methodology, each storage type was evaluated across seven technical and economic criteria: output power, capacity, efficiency, response time, discharge duration at nominal load, service life, and specific cost. A unified rating system was developed, assigning weighted scores to each parameter to compute an overall efficiency index. The results confirm the initial hypothesis that gravitational energy storage exhibits the highest overall performance among the systems analyzed, making it a strong candidate for large-scale implementation in military and potentially civilian infrastructure. This analysis provides a scientifically grounded foundation for guiding future energy infrastructure planning in Azerbaijan under both strategic and environmental considerations.

References

1. Advantages and Disadvantages of Renewable Energy [Electronic resource] / *Conserve Energy Future*. URL: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy.php>
2. Kularatna N., Gunawardane K. Capacitors as energy storage devices: Simple basics to current commercial families / *Energy Storage Devices for Renewable Energy-Based Systems* (Second Edition), Rechargeable Batteries and Supercapacitors, – 2021. – pp. 181-197. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // *Advanced Information Systems*. – 2023. – T. 7. – №. 3. – C. 74-80.
3. Zulfugarov, B., Hasanov, A., & Hashimov, E. (2023). Comparative analysis of the efficiency of various energy storages. *Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference*, (6), 42–45. <https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.010>
4. Bayramov A. A. et al. SMART control system of systems for dynamic objects group // *Bulgarska Voenna Misal*. – 2018.
5. Talibov A. M. et al. On the optimal placement of logistics centers // *Baku: Informatics and Control Problems*. – 2023. – №. 43. – p. 51-58.
6. Hasanov A. H. et al. Comparative analysis of the efficiency of various energy storages // *Advanced Information Systems*. – 2023. – T. 7. – №. 3. – C. 74-80. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.11>

ЗАСОБИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ УМОВ ЗЙОМКИ ДЛЯ ПЛІВКОВОЇ ФОТОГРАФІЇ

Раптанов Д.А., Іващенко Г.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Плівкова фотографія залишається актуальним видом мистецтва завдяки своїй унікальній естетиці та процесу зйомки. Проте вона має обмеження: високу цінність кожного кадру через малий обсяг плівки, незмінність значення ISO протягом використання однієї касети, а помилки експозиції чи фокусування можуть зробити знімок непридатним [1]. Зазначені обмеження особливо проявляються у складних умовах освітлення, коли при відкритій діафрагмі глибина різкості становить всього кілька сантиметрів, а оцінка експозиції потребує використання спеціальних методів [2].

Для вирішення проблем плівкової фотографії поширеним є використання вбудованих або зовнішніх експонетрів та далекомірів. Однак, ці пристрої зазвичай виконують лише одну функцію, що вимагає використання кількох окремих засобів для комплексної оцінки сцени зйомки. Також існують програмні рішення (такі як мобільний застосунок Light Meter), які не підтримують можливість виміру дистанції та залежать від вбудованих датчиків та камери смартфона без будь-якого апаратного розширення функціоналу.

Метою роботи є створення системи, яка поєднує функцію експонетра та далекоміра, а також додає нові можливості: розрахунок мультiekспозиції, динамічний замір освітлення. Режим мультiekспозиції дає змогу фотографу планувати кілька кадрів, які накладаються один на інший, створюючи ефект багатошарової фотографії. Динамічний замір освітлення, на відміну від класичного точкового заміру, працює протягом декількох секунд і передбачає повільні рухи пристрою, що дозволяє визначити освітлення в різних зонах кадру, враховуючи різні джерела світла, тіні та відблиски. Система аналізу умов зйомки повинна реєструвати параметри зйомки (ISO, діафрагма, витримка, освітлення, відстань до об'єкту, кольорова температура середовища тощо) для майбутнього аналізу цих даних. Для реалізації описаної системи використані мікроконтролерні модулі Arduino, ESP32 та платформа «Лілка». Таким чином, запропоноване рішення стає природним доповненням до творчого процесу, допомагаючи уникнути невірних помилок та отримати більш передбачувані результати фотозйомки без втрати характерних особливостей процесу плівкової фотографії.

Список літератури

1. Wells L. (Ed.). *Photography: A Critical Introduction*. Routledge. 2021. 488 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429274183>
2. Marquardt C., Andrae M. *The Film Photography Handbook*. Rocky Nook, Inc. 2022. 308 p. ISBN: 9781681989433

МЕТОД ДИНАМІЧНОЇ ЕЛЕКТРОНЕЙРОСТИМУЛЯЦІЇ ТРАВМОВАНИХ БІОТКАНИН ПОСЛІДОВНОСТЯМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Чепурна І.С., Чугуй Є.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

З метою прискорення процесу відновлення пацієнтів після травм та хвороб, а також для підвищення ефективності як основної, так і допоміжної терапії ушкоджених тканин, зростає потреба гнучкого підходу до стимуляції певних ділянок біологічних тканин.

В сучасній медицині велика увага приділяється методам електростимуляції тканин, що дозволяють не лише знімати симптоми болю, але й сприяти швидкому відновленню фізіологічних функцій організму, зокрема нервової системи.

Динамічна електронейростимуляція (ДЕНС) є одним з перспективних методів, що активно застосовується для стимуляції рефлексогенних зон та акупунктурних точок.

Одним з ключових факторів досягнення максимального терапевтичного ефекту є точне налаштування амплітуди, частоти та періоду слідування груп імпульсів, що дозволяє активувати як чутливі, так і рухові нервові волокна. Однак, незважаючи на значний потенціал, застосування методів імпульсної терапії обмежене недосконалістю наявних пристроїв, що забезпечують генерацію імпульсів з недостатнім ступенем налаштування вищезазначених параметрів [1].

Це, в свою чергу, знижує ефективність лікування та уповільнює процес реабілітації.

Мета роботи полягає в розробці методу генерації електричних імпульсів з певними параметрами у заданому інтервалі частот 80-150 Гц та динамічним характером зміни огинаючої груп імпульсів для підвищення ефективності процедур електронейростимуляції та прискорення процесу відновлення пацієнтів, що є актуальним завданням для клінічної практики в сучасній медицині [2].

Список літератури

1. Чумак, В. С., Т. В. Носова, Є. А. Чугуй. "Розробка реабілітаційного комплексу стимуляції м'язів на основі міографічних даних." (2020).
2. Худецький, І. Ю., С. Б. Латенко, Ю. В. Антонова-Рафі. "Лікувальні преформовані фактори." (2024).

ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ІОТ-РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗУМНОГО КЕРУВАННЯ ЖИВЛЕННЯМ ПРИСТРОЇВ

Батурін О.О., Ні Я.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сьогодні питання забезпечення України електроенергією набуло особливої актуальності через цілеспрямовані атаки на об'єкти енергетичної інфраструктури. Це спричинило вкрай швидкий розвиток альтернативної енергетики, зокрема відновлюваних джерел живлення. За даними досліджень, від початку повномасштабного вторгнення частка відновлюваної енергетики в енергобалансі країни зросла з 8.1% до 22% [1]. При цьому суттєві втрати енергії в подібних системах часто пов'язані з відсутністю точного моніторингу параметрів роботи та автоматичного керування потужними споживачами [2], [3].

Метою доповіді є обґрунтування та пропозиція методів створення системи автоматичного контролю і керування живленням потужних пристроїв на основі моніторингу та аналізу споживаної потужності й параметрів акумуляторних батарей, що сприятиме оптимізації роботи гібридних енергетичних систем.

Задля досягнення цієї мети пропонується розгорнути апаратно-програмний комплекс, що включатиме мікроконтролер для збору даних та передавання їх за допомогою Wi-Fi, дільник напруги для контролю рівня заряду акумулятора, модуль вимірювання потужності в мережі змінного струму, твердотільне реле для керування навантаженнями та дисплей для наочного відображення робочих параметрів системи. У межах програмної частини передбачається створення мобільного застосунку з можливістю задавання робочого діапазону та дистанційного спостереження.

У доповіді наведено очікувані результати випробувань, що передбачають оцінювання швидкості реакції та здатності запропонованої системи ефективно розподіляти навантаження.

Список літератури

1. Альтернативна енергика. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/> (дата звернення: 02.04.2025).
2. Веремійчук Ю. А., Опришко В. П., Притискач І. В., Ярмолук О. С. Функціонування установок зберігання енергії на ринку допоміжних послуг у контексті резерву підтримки частоти. *Електроенергетика*. 2023. Т.3, №2. С. 118-131. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.3.14>
3. Gusiev O., Magro V. Microgrid monitoring method for predicting energy anomalies. *Vidnovlyuvana energetika*. 2025. Т.1, №1. С. 22-28. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.1\(80\).22-28](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.1(80).22-28)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Дімітров М.М., Сітніков В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зі зростанням екологічних загроз та антропогенного впливу на навколишнє середовище виникає необхідність у створенні високоточних і автономних систем моніторингу довкілля. Традиційні методи збору екологічних даних мають обмеження у швидкості, масштабованості та точності.

У цьому контексті інтелектуальні вимірювальні системи (ІВС) забезпечують ефективний збір, аналіз та інтерпретацію екологічних даних у режимі реального часу. [1]

Сучасні інтелектуальні вимірювальні системи поєднують IoT-сенсори, бездротові мережі та методи штучного інтелекту (ШІ) для аналізу отриманої інформації. Такі системи можуть вимірювати рівень забруднення повітря, концентрацію шкідливих речовин у воді, температуру, вологість та інші екологічні показники.

Наприклад, використання бездротових сенсорних мереж (WSN) дозволяє забезпечити постійний моніторинг віддалених або важкодоступних територій без необхідності втручання людини. [2]

Окрім збору даних, інтелектуальні системи застосовують методи машинного навчання для прогнозування змін екологічної ситуації. Такі алгоритми можуть виявляти тренди забруднення, аналізувати можливі наслідки природних катаклізмів і надавати рекомендації для прийняття управлінських рішень. Наприклад, прогнозування змін рівня забруднення води може допомогти запобігти екологічним катастрофам. [3]

Метою доповіді є аналіз сучасних інтелектуальних вимірювальних систем, їхньої архітектури, методів збору та обробки екологічних даних, а також перспектив розвитку таких технологій у сфері екологічного моніторингу.

Список літератури

1. Бойко О.В. Інтелектуальні сенсорні системи для екологічного моніторингу. – Київ: Наукова думка, 2021. – 224 с.
2. Ковальчук С.М. Мережеві технології в системах моніторингу навколишнього середовища. – Харків: Технополіс, 2020. – 310 с.
3. Пономаренко Л.Г. Штучний інтелект у екологічному моніторингу: аналіз та перспективи. – Львів: ЕкоТех, 2022. – 256 с.

ЛІДАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

Муковоз М.С., Сітніков В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні системи автоматизованого керування вимагають високоточної просторової інформації для ефективного функціонування. Одним із ключових рішень у цій сфері є лідарні технології (LiDAR – Light Detection and Ranging), які дозволяють створювати тривимірні моделі навколишнього середовища в реальному часі. Лідари використовують лазерне сканування для вимірювання відстаней до об'єктів, що робить їх незамінними у сфері робототехніки, автономного транспорту та промислової автоматизації. [1]

Використання лідарних датчиків в автономному транспорті дозволяє визначати відстані до об'єктів, розпізнавати дорожні умови та запобігати зіткненням. Наприклад, у безпілотних автомобілях LiDAR сканує навколишнє середовище з високою точністю, формуючи хмару точок для аналізу траєкторій руху та адаптивного планування маршруту. Це підвищує рівень безпеки та забезпечує точну навігацію навіть у складних погодних умовах. [2]

У промисловій автоматизації лідарні технології застосовуються для моніторингу виробничих процесів, контролю переміщення матеріалів та безпечного функціонування роботизованих систем. Наприклад, у логістичних центрах лідари допомагають автоматизованим транспортним платформам орієнтуватися у просторі без необхідності фізичних маркерів. Це дозволяє оптимізувати процеси складування та перевезення товарів.

Ще одним перспективним напрямком є використання лідарів у сільському господарстві, де вони застосовуються для картографування полів, аналізу рельєфу та моніторингу стану посівів. Поєднання LiDAR із дронами дозволяє отримувати високоточні дані про рослинність, що сприяє більш ефективному використанню ресурсів і підвищенню врожайності. [3]

Метою доповіді є аналіз сучасних підходів до використання лідарних технологій у системах автоматизованого керування, а також перспективи їх розвитку у транспорті, промисловості та аграрному секторі.

Список літератури

1. Петренко А.В. Лідарні системи для автономного транспорту: принципи та технології. – Київ: Наукова думка, 2021. – 312 с.
2. Савчук М.О. Використання LiDAR у промисловій автоматизації: сучасний стан та перспективи. – Львів: Техніка, 2022. – 280 с.
3. Андрієнко І.В. Лідарні технології в аграрному секторі: точне землеробство. – Харків: Основа, 2020. – 245 с.

МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Бурак А.В., Воловоденко Ю.М., Мосійчук М.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил, Харків, Україна

Сучасні двигуни внутрішнього згорання потребують контролю за деякими параметрами технологічного процесу при виготовленні та, особливо, при експлуатації [1, 2]. Враховуючи особливості роботи двигунів, основними характеристиками, які характеризують технічний стан двигунів, є параметри механічного руху. До таких параметрів необхідно віднести параметри періодичних переміщень двигуна під час функціонування – переміщення двигуна в просторі, тобто вібрації [3]. Основними параметрами вібрації є амплітуда та частота [1, 2]. Підвищення достовірності вимірювання вібрацій при роботі дизельних двигунів є одним з основним напрямків забезпечення їх надійності за рахунок своєчасного виявлення відмов [1]. Тому пропонується розробити імітаційну модель діагностування технічного стану двигунів. Дослідження розробленої імітаційної моделі дозволить своєчасно виявляти можливі відмови двигунів при експлуатації.

Метою доповіді є розробка моделі діагностування технічного стану двигунів внутрішнього згорання.

В доповіді наводяться результати моделювання вібрацій в двигунах внутрішнього згорання. Модель засновано на математичних перетвореннях для одержання інформації про технічний стан двигуна на основі параметрів вібрації. Розроблена імітаційна модель дозволяє проводити дослідження вібрацій в двигунах внутрішнього згорання за результатами вимірювання чотирьох параметрів. Результати використання імітаційної моделі дозволили визначити раціональні параметри технічного обслуговування двигунів, у тому числі іноземного виробництва.

Список літератури

1. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference “Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization”. 2021. P. 431-434. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050>.
2. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685>.
3. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>.

МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Герасимов С.В., Кот В.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил, Харків, Україна

Апаратура для діагностування технічного стану не повністю задовольняє вимогам до моніторингу електрообладнання технічних комплексів [1, 2]. Для адекватного опису діагностування технічного стану електрообладнання технічних комплексів доцільно представлення таких комплексів як виробу, що складається із множини комплектуючих модулів [3]. Також необхідно врахувати при дослідженні ефективності контролю технічного стану електрообладнання технічних комплексів те, що в реальній експлуатації відновлення працездатності складових елементів проводиться за фактом виявлення відмови об'єкта контролю, незважаючи на його працездатність в цей момент.

Метою доповіді є розроблення моделі діагностування технічного стану електрообладнання технічних комплексів.

В доповіді наводяться результати імітаційної моделі діагностування технічного стану електрообладнання технічних комплексів. Основною розроблення імітаційної моделі є враховувати принципів побудови цифрової апаратури діагностування. При цьому враховувано проміжне перетворення вимірюваних фізичних величин в один або декілька уніфікованих сигналів, найбільш зручних для наступної обробки. Кількість первинних вимірювальних перетворювачів залежить від просторового розділення вимірювальних каналів за кожною фізичною величиною. Тому імітаційна модель враховує часове розділення вимірювальних каналів, коли однорідні фізичні величини вимірюються послідовно в часі з використанням тих самих первинних вимірювальних перетворювачів для однорідних фізичних величин даного виду.

Список літератури

1. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference "Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization". 2021. P. 431-434. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050>.
2. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685>.
3. Dzhush V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>.

МОДЕЛЬ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗА ЗОНАМИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Григоренко І.В., Ольховіков Д.С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Перспективною стратегією діагностування технічного стану складних систем є перехід до проведення моніторингу за фактичним рівнем їх стану. Елементом діагностування є метод визначення технічного стану складних комплексів, в основі якого отримується інформація про границі зони працездатності [1, 2]. Метод забезпечує високу точність ідентифікації технічного стану комплексів і рішення задачі визначення її запасу працездатності [3]. Отримана інформація необхідна для успішного функціонування таких комплексів і дозволяє визначити дату наступного обслуговування (ремонту) з метою попередження випадкового виходу з ладу.

Метою доповіді є розроблення моделі діагностування технічного стану складних комплексів.

У доповіді показано, що технічний стан складних комплексів характеризується набором або деяким вектором характеристик (параметрів), серед яких виділяються внутрішні та зовнішні. Зовнішні (вихідні параметри) визначають допустиму зону непрацездатності та характеризують різні функціональні залежності характеристик і їх вплив на технічний стан складних комплексів. Внутрішні характеристики складних комплексів у загальному плані визначають допустиму (граничну) зону та характеризують стан складових блоків. Модель дозволяє імітувати діагностування технічного стану складних комплексів, яке полягає у визначенні належності вектору характеристик зоні працездатності (непрацездатності). За результатами зміни характеристик протягом визначеного часу модель дозволяє спрогнозувати запас працездатності складних комплексів.

Список літератури

1. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685>.
2. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference “Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization”. 2021. P. 431-434. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050>.
3. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРВІСУ РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Арсланалієв А.К., Любченко Н.Ю.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Розробка та дослідження сервісу ремонту та технічного обслуговування автомобільної техніки є актуальними з кількох причин: збільшення кількості та марок автомобілів на дорогах України; ускладнення автомобільної техніки; розробка інноваційних підходів до організації сервісного обслуговування дозволяє підприємствам отримувати конкурентну перевагу на ринку. Одним із основних викликів є необхідність у впровадженні сучасних веб-застосунків, які забезпечують оптимізацію процесів обслуговування, підвищення якості послуг та зручність для користувачів [1, 2].

Метою даного дослідження є розробка та дослідження сервісу ремонту і технічного обслуговування автомобільної техніки у сучасних умовах експлуатації транспортних засобів шляхом вдосконалення процесів сервісного обслуговування для підвищення ефективності роботи підприємств автомобільного транспорту та забезпечення їх конкурентоспроможності [3].

У результаті дослідження виявлено основні недоліки існуючих систем сервісного обслуговування, розроблено рекомендації щодо впровадження енергозберігаючих технологій у процеси ремонту та запропоновано нові методи організації роботи сервісних підприємств, що дозволяють зменшити витрати часу і ресурсів на проведення технічного обслуговування.

Запропоновані рішення дозволяють підвищити рівень надійності автомобільної техніки; оптимізувати витрати на ремонт і обслуговування; забезпечити відповідність сервісних послуг сучасним стандартам якості.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення діяльності підприємств автомобільного транспорту, а також сприяти розвитку інноваційних підходів до організації сервісного обслуговування в галузі.

Список літератури

1. Ковалевський Л., Коровайченко Н. Світовий автомобільний ринок: сучасний стан, особливості та перспективи розвитку [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://zt.knute.edu.ua/files/2015/5-6%20\(82-83\)/7.pdf](http://zt.knute.edu.ua/files/2015/5-6%20(82-83)/7.pdf)
2. Бабала Л.В., Данилюк І.В. Мобільні інформаційні технології у моделюванні управління послугами з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. – 2022. – № 12 (112). – С. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-12-112-1>.
3. Onishchenko D., Liubchenko N., Podorozhniak A. License plate recognition system based on Mask R-CNN. Automation of technological and business processes, 2023, 15 (3), pp. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v15i3.2623>.

УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секції 1, 5)

Abdullaeva A.J. 81	Babayev S.M. 82	Hashimov E.G. 22
..... 88	Bayramli R.B. 23	..... 61
..... 94	Bayramli U.F. 23	..... 62
Abdullayev F.N. 19	Bayramov A.A. 19	..... 63
..... 47	..... 47	..... 76
..... 50	..... 48	..... 78
Abdullayeva A. 20	..... 50	Hazarkhanov U.A. ... 78
..... 24	Dashpoladov E.Z. 51	Humbatov R.T. 106
Akhundov R.G. 76	..... 68	Huseynov A. 20
..... 108	Feoktystova O.I. 36	..... 24
..... 110	Gadirova T.T. 72	Huseynov A.G. 81
..... 112	Ganjiyev A.Sh 56	..... 84
..... 114	Gasanov A. 20	..... 88
..... 116	..... 24	..... 90
..... 118	Gasanov A.G. 81	..... 94
..... 120	..... 88	Huseynov B.S. 63
..... 122	..... 94	..... 64
..... 124	Hamidova A.A. 102	Huseynov M.A. 61
..... 126	Hasanov A. 66	..... 62
..... 128	..... 67	..... 63
..... 130	Hashimov E.G. 110	..... 64
Alakbarova S. 49	..... 116	Huseynov M.M. 56
Aliyeva A.A. 100	..... 120	Huseynov R.M. 104
Amanullazada F.I. ... 104	..... 128	Huseyn-Zada K. 71
Babayev S.M. 65	..... 137	Ibrahimov B.G. 132
..... 73	..... 21	..... 134

Ibrahimov B.G.	45	Mammadova Kh.	79	Sabziev E.N.	60
.....	96	Mammadzada S.A. ..	48	Sadiqli A.B.	69
Ibrahimov R.F.	106	Manafov A.	137	.....	70
İsgandarov R.Z.	56	.....	58	Sarvan A.Sh.	52
İslamov İ.C.	112	Mehdiyev A.A.	132	Shostak I.V.	36
.....	118	Muftiyev Z.	92	Suleymanov I.I.	81
.....	122	Muradov S.A.	74	.....	88
.....	126	Muradov T.S.	55	.....	90
Ismayilov N.M.	136	Nabiyeva A.N.	102	.....	94
Ismayilov T.A.	96	Nasirov E.V.	23	Suleymanov S.S.	19
Ismayilova S.R.	45	.....	57	.....	47
Jabrayilov A.R.	110	.....	81	.....	50
.....	116	.....	88	Tahirov R.K.	75
.....	128	.....	90	Talibov A.M.	54
Jahangirov V.A.	136	Nasirov E.V.	136	.....	69
.....	82	Nasirov V.İ.	23	.....	70
Karimov E.Y.	55	.....	57	.....	71
Keramova A.A.	48	Orujova M.Y.	45	.....	76
Kishiyev H.T.	90	Pashaev A.B.	54	.....	78
Mabudov G.F.	56	Pashayev A.B.	21	.....	120
.....	57	.....	53	Talibov Y.B.	66
Maharramov R.R.	53	.....	59	.....	67
Mamedov İ.	20	.....	60	Yakhyaev B.M.	134
.....	24	Piriyev H.K.	51	Yusifova X.H.	48
Mammadov E.V.	112	Rzayeva A.G.	57	Zeynalova G.M.	98
.....	118	Sabziev E.N.	21	Zulfugarov B. S.	137
.....	122	.....	53	Zulfugarov B.S.	58
.....	126	.....	54	Алієв Н.Г.	86
Mammadova F.V.	106	.....	59	Арсланалієв А.К. ...	146

Батурін О.О.	140	Луців Я.С.	13	Сітніков В.І.	142
Бреславець В.С.	42	Любченко Н.Ю.	146	Скетріс Д.І.	11
.....	43	Лященко В.О.	9	Соловійов В.С.	14
Бреславець Ю.В.	42	Макаренко Т.С.	17	Тимошенко Д.О.	10
.....	43	Малєєв Л.В.	16	Тютюник О.О.	26
Бурак А.В.	143	Малюга А.І.	28	.....	25
Вдовітченко О.В. ...	29	Мороз А.В.	9	Федорович В.А.	16
Вечірська І.Д.	8	Мосійчук М.В.	143	Федорович О.С.	14
Воловоденко Ю.М.	143	Муковоз М.С.	142	.....	16
Герасимов С.В.	144	Мусаєв А.	86	Феокистов С.О.	30
Главчев М.І.	38	Наумов М.О.	12	Феокистова О.І.	32
Главчева Ю.М.	38	Ні Я.С.	140	.....	34
Григоренко І.В.	145	Носань Ю.В.	25	Фоменко А.А.	42
Даценко С.С.	40	Ольховіков Д.С.	145	.....	43
Дацок Є.О.	8	Паладюк І.О.	10	Холєв В.О.	6
Дімітров М.М.	141	Переметчик Д.О.	26	.....	7
Доценко Н.В.	13	Показій К.О.	10	Чепурна І.С.	139
Єлізева А.В.	15	Полежаєв А.С.	6	Чугуй Є.А.	139
Іващенко Г.С.	138	Поліщук Є.В.	14	Шафарук О.М.	7
Короткий Т.К.	41	Порошенко А.І.	12	Швець Ф.С.	18
Кот В.В.	144	Радченко В.О.	39	Шостак І.В.	32
Кучук Н.Г.	39	Раптанов Д.А.	138	.....	34
.....	40	Рудницький В.М. ...	41	Шум Д.О.	9
Лада Н.В.	41	Ситнік О.О.	29	Яковенко І.В.	42
Лещенко Ю.О.	17	Сітніков В.І.	11	.....	43
.....	18	.....	141		

ОРГАНІЗАЦІЇ, ЯКІ ПРИЙНЯЛИ УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ

Азербайджанський державний аграрний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський державний економічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський державний педагогічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський технічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський технологічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський університет будівництва та архітектури,

Баку, Азербайджан

Бакинський військовий коледж, Баку, Азербайджан
Бакинський державний університет, Баку, Азербайджан
Бакинський інженерний університет, Баку, Азербайджан
Військовий науково-дослідний інститут, Баку, Азербайджан
Військовий інститут імені Гейдара Алієва, Баку, Азербайджан
Військовий інститут танкових військ НТУ ХПІ, Харків, Україна
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна

Інститут військового управління, Баку, Азербайджан

Інститут нафтохімічних процесів імені акад. Ю.Г. Мамедалієва,

Баку, Азербайджан

Інститут систем управління Азербайджанської Національної академії наук,

Баку, Азербайджан

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Космічне агентство Азербайджанської Республіки, Баку, Азербайджан

Навчальний центр Азербайджанського агентства наземного транспорту,

Баку, Азербайджан

Нахічеванський державний університет, Нахічевань, Азербайджан

Національна авіаційна академія, Баку, Азербайджан

Національна академія сухопутних військ

імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

Національне аерокосмічне агентство, Баку, Азербайджан

Національний аерокосмічний університет

"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

Національний університет оборони Азербайджанської республіки, Баку, Азербайджан

Національний університет оборони України, Київ, Україна

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Черкаси, Україна

Педагогічний університет імені Комісії Національної Освіти в Кракові, Краків, Польща

Представництво «Оракл Іст Сентрал Юроп Сервісис Б.В.», Київ, Україна

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» УДУНТ, Дніпро, Україна

Республіканський центр сейсмозвідки, Баку, Азербайджан

Університет міста Жиліна, Жиліна, Словаччина

Університет технологій і гуманітарних наук, Бельсько-Бяла, Польща

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Харківський національний економічний університет імені Саймона Кузнеця, Харків, Україна

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

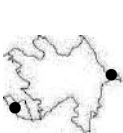
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Харківський радіотехнічний фаховий коледж, Харків, Україна

Fugro Gb (North) Marine Limited, Абердин, Шотландія, Великобританія

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

АФІЛЯЦІЯ УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ



ЗМІСТ

Том 1: секції 1, 5

Секція 1 Теоретичні та прикладні аспекти прийняття рішень,
оптимізації та управління системами і процесами 6

Секція 5 Сучасні інформаційно-вимірювальні системи 45

Учасники конференції (секції 1, 5) 147

Організації, які прийняли участь у конференції..... 150

Том 2: секція 2

Том 3: секції 3, 4

Том 4: секція 6

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей
п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції
(24 – 25 квітня 2025 року)
Том 1: секції 1, 5

Відповідальний за випуск *В. В. Косенко*

Технічний редактор *І. А. Лебедева*

Коректор *В. В. Богомаз*

Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна

Вечірній корпус, кімната 314

тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 18.04.2025

Формат 60 × 84/16

Ум.-вид. арк. 9,5.

Тираж 100 пр.

Зам. 418/1-25

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress

61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. + **38 (057) 714-52-11**

e-mail: irina@impress.biz.ua