

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СФЕРІ ВІЙСЬКОВОЇ ЛОГІСТИКИ

Анотація. Величезні потоки динамічно змінюваних даних про наявні логістичні процеси у військовій галузі потребують своєчасного врахування, керування та оптимізації. Застосування штучного інтелекту у сфері військової логістики допомагає оптимізувати прийняття швидких та ефективних рішень при реалізації логістичних процесів. Логістика під час війни є ключовою для успіху військових операцій, адже стосується технічного і тилового забезпечення, транспортування зброї та амуніції, постачання продовольства, зв'язку тощо. Пошук ефективних шляхів щодо швидкої та ефективно оптимізації і мінімізації ризиків логістичних військових процесів є вельми актуальним. У статті досліджено роль ШІ в сучасному трансформаційному розвитку військової логістики, проаналізовано сфери можливого застосування ШІ у цій галузі, оскільки глобальні військові стратегії все більше залежать від надійності та гнучкості систем ланцюгів поставок.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), технології ШІ, військовий ШІ, військова логістика, ризики, машинне навчання, нейронні мережі.

Постановка проблеми. Застосування штучного інтелекту (ШІ, Artificial Intelligence, AI) у сфері військової логістики допомагає оптимізувати прийняття швидких та ефективних рішень щодо технічного і тилового забезпечення, транспортування зброї та амуніції, постачання продовольства, зв'язку, адже комбінація цих складових є ключовою для успіху військових операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [1] узагальнено досвід країн – учасниць НАТО, насамперед США, щодо формулювання напрямків досліджень з використання технологій ШІ у логістичних системах Збройних Сил та міжнаціональних військових формувань. Дослідження [2] розглядає специфіку застосування ШІ у сфері військової логістики саме у контексті технічних засобів служб тилу. Автори статті [3] проілюстрували характеристики та основні технології, що використовуються в логістиці 4.0, зосереджуючись на використанні ШІ як інструмента прогнозування військових операцій. Дослідження [4] оцінює баланс між покращеними можливостями логістики та складнощами, створеними цими технологіями. Загалом сфера технологічної оптимізації управління військовими ланцюгами поставок стає предметом широкого академічного вивчення та досліджень, що відображає її критичну роль у забезпеченні ефективності сучасних військових операцій, коли технологічний прогрес, геополітичні зрушення та нові військові доктрини постійно змінюють ландшафт логістики.

Мета дослідження: проаналізувати роль ІІІ в сучасному трансформаційному розвитку військової логістики, розглянути сфери можливого застосування ІІІ у цій галузі, оскільки глобальні військові стратегії все більше залежать від надійності та гнучкості систем ланцюгів поставок.

Викладення основного матеріалу дослідження. Логістика в армії охоплює багато різних функцій своєчасного постачання різної номенклатури озброєння, боєприпасів, військової техніки, а також її підготовки (ремонт) і зберігання. А отже, величезні потоки динамічно змінюваних даних про наявні логістичні процеси у військовій галузі потребують своєчасного врахування, керування та оптимізації. Така задача є доволі складною для будь-якого керівництва, оскільки потребує врахування численних чинників з визначенням та врахуванням можливих ризиків, у тому числі через непередбачені обставини за умов воєнного стану. Саме логістичні помилки можуть спричинити невдачі на полі бою, значні втрати і збитки, тяжкі соціальні та економічні наслідки.

З іншого боку, при обслуговуванні численних заявок військових частин і підрозділів щодо постачання зброї, запчастин, палива, амуніції, продовольства у будь-якої армії є велика проблема можливого виникнення сумнівних транзакцій через людську недбалість, шахрайство, марнотратство, зловживання та корупцію [5]. Тому автоматизація та оптимізація контролю величезних обсягів військової логістики є дуже важливою задачею будь-якої держави. Застосування для управління ланцюгом поставок технологій ІІІ і машинного навчання дозволяє перевірити та впорядкувати великі масиви даних для ідентифікації та виявлення підозрілих постачальників [6]. Вже зараз технології ІІІ у військовій логістичній мережі поступово замінюють людину з позиції стабілізації певних номінальних функцій, тим самим дозволяють пришвидшити логістичний процес і зробити його більш гнучким.

Застосування технологій ІІІ у різних секторах військової логістики формує новий потенціал та можливості:

- автоматизація процесів замовлення, відстеження поставок, складського обліку та розподілу паливних, харчових та речових ресурсів. Це допоможе забезпечити ефективність та точність у військовому постачанні;
- можливість комплексної координації польових штабів і військових частин;
- прогнозування потреб у ресурсах, що дозволить заздалегідь планувати поставки та їх розподіл;
- розробка автономних транспортних засобів та дронів спрощує та прискорює доставку матеріальних цінностей на передову [7];
- оптимізація маршрутів для перевезення вантажів, завдяки аналізу штучним інтелектом географічних даних;
- підвищення боєздатності особового складу за рахунок використання персональних смарт-пристроїв;
- комплексна координація дислокації штабів і військових частин;
- всеосяжний аналіз мінливої ситуації у різних регіонах за умов ведення сучасних бойових дій, ефективне використання аналізу дій російських реваншистів [2];
- можливість зашифрованої доставки інформаційних даних [8];
- потенціал автономної роботи за умов непередбачуваних воєнних дій;

- ефективно управління ресурсами та логістичними процесами за рахунок ШІ може надавати аналітичні дані та рекомендації для підтримки прийняття рішень;
- виявлення ризиків та прогнозування можливого нападу та сценаріїв розвитку подій з позицій учасників бойових дій.

Автоматизоване опрацювання та інтелектуальний аналіз великої кількості даних допомагають оптимізувати вирішення питань постачання, транспортування, зв'язку та інших логістичних задач за умов сучасних війн.

Безпілотні апарати можуть автоматизувати рутинні логістичні завдання (транспортування зброї, особового складу, екіпірування, евакуація поранених, доставка боєприпасів, води, продовольства тощо), виконуючи їх швидше та ефективніше за людей. Такі платформи мають суттєві переваги: вони не потребують залучення екіпажу, який може виконувати важливіші завдання; не потребують відпочинку; їхня втрата дешевша за втрату традиційної вантажівки з людьми. З іншого боку, слабкостями автономних транспортних засобів є те, що: деякі платформи для підвищення надійності потребують управління оператором; на маршруті може статися поломка чи то збій системи керування, і тоді вартісна система втрачається або потребує експлуатаційного обслуговування, а поставлена задача залишається не виконаною за реальних бойових умов; ворог може заглушити систему навігації або керування засобами РЕБ і заволодіти нею, тобто є ризик втрати безпілотника від контрзаходів противника. До того ж, вартість таких дронів є доволі високою і може перевищувати вартість вантажівок та їх обслуговування [9].

Через зазначені недоліки набагато більш поширеними у військовій сфері є частково автономні інтелектуальні системи. Такі адаптовані програмні системи функціонують у взаємодії з людиною, більшість з них базуються на простих програмних технологіях ШІ. Прикладами таких засобів є: безпілотні наземні транспортні засоби від компанії Lockheed Martin для транспортування спорядження, зброї, медикаментів і пайків; платформи S-MET від компанії General Dynamics Land Systems, які здатні підтримувати активність до 72 годин і мають радіус дії до 96 км, можуть заряджатися в дорозі і мають вантажопідйомність до 1133 кг [9].

Автономні транспортні засоби для кращого проходження шляху за різних умов використовують різні методи і технології штучного інтелекту: повторювані нейронні мережі (Recurrent Neural Network, RNN), мережі довготривалої короткочасної пам'яті (Long Short-Term Memory, LSTM) і навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL) [10]. Спеціальні архітектури нейронної мережі RNN і LSTM здатні інтерпретувати довгі послідовні дані, для яких важливий хронологічний порядок. RL, як потужний інструмент у ML, дозволяє досягати оптимальних результатів у складних середовищах з багатьма правилами та залежностями. У тому самому середовищі людина може бути не в змозі визначити найкращий шлях, навіть маючи чудові знання про навколишнє середовище. Натомість безмодельні алгоритми RL швидко адаптуються до середовища, що постійно змінюється, і знаходять нові стратегії для оптимізації результатів [11]. Крім того, в безпілотних літальних апаратах (БПЛА) для донаведення застосовують технології комп'ютерного зору (Computer Vision, CV), які дозволяють аналізувати відеопотоки в реальному часі, знаходити й іденти-

фікувати об'єкти (автомобілі, людей, артилерію тощо). Тобто в БПЛА штучний інтелект по суті виконує роль цифрового пілота, який прогнозує траєкторію руху об'єкта, розпізнає ціль, концентрується на ній і запам'ятовує її на випадок тимчасового зникнення з поля зору, щоб буди здатним потім відновити полювання.

До категорії роботизованих на базі ШІ військових транспортних засобів відносять різного плану безпілотні апарати: наземні, літальні, підводні, космічні. Наприклад, ШІ, закладений в операційну систему Lattice, автономного підводного човна Ghost Shark від австралійської компанії Anduril використовує дані з різних сенсорів, комп'ютерне і машинне навчання [12]. Ще одним прикладом інтеграції ШІ у військову сферу є безпілотний бойовий літак Loyal Wingman, розроблений компанією Boeing у співпраці з Королівськими австралійськими Військово-повітряними силами [13]. Впровадження систем ШІ та інтелектуальних алгоритмів у навігаційні системи сучасних транспортних засобів надають можливості для покращеної геолокації та ідентифікації загроз, забезпечують високоякісне інтегроване радарне попередження, гарну ситуаційну обізнаність для швидкого, оптимального прийняття рішень щодо самозахисту та виконання поставлених задач.

Зазначені технології ШІ неабияк допомагають військовим, забезпечуючи роботу різноманітних типів безпілотників. Тим самим ШІ дозволяє оптимізувати планування логістичних маршрутів, контроль запасів, розподіл ресурсів, підвищуючи ефективність та знижуючи витрати.

Висновки. Впровадження технологій ШІ в управління ланцюгом поставок у військовій сфері покращують ефективність, безпеку та гнучкість логістичних операцій. ШІ і глибоке навчання забезпечують швидкий і комплексний аналіз великих обсягів даних, полегшуючи виявлення тенденцій і закономірностей, які інакше могли б залишитися непоміченими. Ці технології надають можливість передбачати результати та оптимізувати рішення в режимі реального часу, тим самим сприяючи кращій адаптованості та реагування в динамічних і постійно мінливих ситуаціях, характерних для військових дій. Використання цих передових технологій у прийнятті рішень може призвести до більшої точності, ефективності та, зрештою, покращення продуктивності. Адже ці технології пропонують інноваційні рішення для традиційних викликів кібервразливості та операційної неефективності через ризик людських помилок, особливо в стресових ситуаціях бойових дій. Завдяки ефективному впровадженню алгоритмів ШІ, військові організації зможуть досягти кращої координації та моніторингу ланцюгів постачання, тим самим забезпечуючи швидке та ефективне реагування в критичних ситуаціях. Водночас такий технологічний прогрес сприяє підвищенню прозорості та підзвітності, що є важливими елементами в контексті військових операцій.

Водночас важливо враховувати можливі ризики та проблеми, пов'язані з впровадженням технологій ШІ через їх складність і потребу розвитку технічних навичок і надійних механізмів безпеки складних цифрових систем. Новітні інтелектуальні технології мають значний вплив на управління ланцюгом постачання у військовій організації, пропонуючи широкі можливості підвищення ефективності та безпеки. Але така еволюція вимагає стратегічного, адаптивного підходу та постійної оцінки ризиків і можливостей. Важливо, щоб військові організації були в курсі технологічних інновацій та активно їх інтегрували, щоб

покращувати свою здатність ефективно реагувати на динамічні виклики сучасного військового середовища.

Аналіз показав, що інтеграція алгоритмів ШІ сприяє не лише оптимізації процесів, а й підвищенню безпеки даних і ресурсів, а також активізації досліджень у сфері оптимізації логістики. Оскільки ця технологія продовжує розвиватися, очікувано, що її застосування у військовому контексті ставатиме все більш складним і поширеним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воїнов В.В. Аналіз напрямків розвитку технологій, що базуються на застосуванні штучного інтелекту, в логістиці Збройних Сил України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2020. № 2(39). С. 132-137. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.39.15>.
2. Maslii O. M., Yaniuk S. V., Ollo V. P., Firsov A. V., Poliashov S. V. Application of artificial intelligence in the field of military logistics in the context of the technical means of logistics services in the modern period. *Collection of scientific works of Odesa Military Academy*. 2023. Vol. 2 (20). P. 131-138. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.131-138>.
3. Castro B.A., Pochmann P.G., Neves E.B. Artificial Intelligence Applications in Military Logistics Operations. *Developments and Advances in Defense and Security*. 2024. Vol. 380. P. 89–100. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-8894-5_8.
4. Trif, Robert-Cristian. The Impact of Emerging Technologies on Supply Chain Management in the Military Organization. *Review of the Air Force Academy*. 2024. Vol. 21. P. 91-99. DOI: <https://doi.org/10.19062/1842-9238.2023.21.2.12>.
5. DLA Ethics. Defense Logistics Agency. URL: <https://www.dla.mil/General-Counsel/Ethics> (date of access: 20.06.2024).
6. Artificial Intelligence for Military Logistics – Current Applications. URL: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-military-logistics/> (date of access: 20.06.2024).
7. Трофименко О.Г., Кіх Я.Т. Використання штучного інтелекту у військовій технології. *Інформаційне суспільство: проблеми та перспективи* : матер. ІХ всеукр. наук.-практ. конф. (24 травня 2024). Одеса, 2024. С. 76-79. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.27842>
8. Трофименко О. Г., Яремчук М. В. Штучний інтелект у військовій сфері. *Кіберпростір в умовах війни та глобальних викликів ХХІ століття*: теорія та практика: матер. міжнар. наук.-практ. конф. Одеса, 24 листопада 2023 р. Одеса: НУ «ОЮА», 2023. С. 144-148. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.27179>.
9. Ground Combat Platforms: New Battlefield Player. URL: <https://mil.in.ua/en/articles/ground-combat-platforms-new-battlefield-player/> (date of access: 20.06.2024).
10. Трофименко О.Г., Кіх Я.Т. Застосування алгоритмів штучного інтелекту для військових задач. *Сучасні технології в енергетиці, електромеханіці, системах управління та машинобудуванні*: матер. VI всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції. Харків, 06-07 грудня 2023 р. Харків: ННППІ УПА. С. 28-29. URL: <https://www.nnppi.in.ua/index.php/abit/2-uncategorised/270-naukovi-konferentsiyi> (дата доступу: 20.06.2024).
11. What is Reinforcement Learning? URL: <https://aws.amazon.com/what-is/reinforcement-learning/> (date of access: 20.06.2024).
12. ANDURIL. URL: <https://www.anduril.com/> (date of access: 20.06.2024).

13. MQ-28. URL: <https://www.boeing.com/defense/mq28#overview>. (date of access: 20.06.2024).

REFERENCES

1. Voinov V.V. Analysis of directions for the development of technologies based on the application of artificial intelligence in the logistics of the Armed Forces of Ukraine. *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*. 2020. Vol. 2(39). P. 132–137. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.39.15>.
 2. Maslii O. M., Yaniuk S. V., Ollo V. P., Firsov A. V., Poliashov S. V. Application of artificial intelligence in the field of military logistics in the context of the technical means of logistics services in the modern period. *Collection of scientific works of Odesa Military Academy*. 2023. Vol. 2 (20). P. 131-138. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.131-138>
 3. Castro B.A., Pochmann P.G., Neves E.B. Artificial Intelligence Applications in Military Logistics Operations. *Developments and Advances in Defense and Security*. 2024. Vol. 380. P. 89–100. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-8894-5_8.
 4. Trif, Robert-Cristian. The Impact of Emerging Technologies on Supply Chain Management in the Military Organization. *Review of the Air Force Academy*. 2024. Vol. 21. P. 91-99. DOI: <https://doi.org/10.19062/1842-9238.2023.21.2.12>.
 5. DLA Ethics. Defense Logistics Agency. URL: <https://www.dla.mil/General-Counsel/Ethics> (date of access: 20.06.2024).
 6. Artificial Intelligence for Military Logistics – Current Applications. URL: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-military-logistics/> (date of access: 20.06.2024).
 7. Trofymenko O.G., Kikh Y.T. Application of artificial intelligence in military technologies. In: *9th All-Ukrainian scientific and practical conference “Information society: problems and prospects”*, Odesa, May 24, 2024. P. 76-79. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.27842>.
 8. Trofymenko O. G., Yaremchuk M. V. Artificial intelligence in the military sphere. In: *International scientific and practical conference “Cyberspace in conditions of war and global challenges of the 21st century: theory and practice”*, Odesa, November 24, 2023. P. 144-148. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.27179>.
 9. Ground Combat Platforms: New Battlefield Player. URL: <https://mil.in.ua/en/articles/ground-combat-platforms-new-battlefield-player/> (date of access: 20.06.2024).
 10. Trofymenko O.G., Kikh Y.T. Application of artificial intelligence algorithms for military tasks. In: *6th All-Ukrainian scientific and practical Internet conference “Modern technologies in energy, electromechanics, control systems and mechanical engineering”*, Kharkiv, December 06-07, 2023. P. 28-29. URL: <https://www.nnppi.in.ua/index.php/abit/2-uncategorised/270-naukovi-konferentsiyi> (date of access: 20.06.2024).
 11. What is Reinforcement Learning? URL: <https://aws.amazon.com/what-is/reinforcement-learning/> (date of access: 20.06.2024).
 12. ANDURIL. URL: <https://www.anduril.com/> (date of access: 20.06.2024).
- MQ-28. URL: <https://www.boeing.com/defense/mq28#overview>. (date of access: 20.06.2024).

Received 23.06.2024.
Accepted 27.06.2024

Artificial intelligence applications in military logistic

Huge flows of dynamically changing data about existing logistics processes in the military industry require timely consideration, management, and optimization. Artificial intelligence in military logistics helps to optimize the adoption of quick and effective decisions in the implementation of logistics processes. Logistics during war is key to the success of military operations, as it concerns technical and rear support, transportation of weapons and ammunition, food supply, communications, etc. The search for effective ways to quickly and effectively optimize and minimize the risks of logistical military processes is very relevant. The paper is devoted to the research of the role of AI in the modern transformational development of military logistics as well as analysis of the areas of possible application of AI in this branch, as global military strategies increasingly depend on the reliability and flexibility of supply chain systems. Automated processing and intelligent analysis of a large amount of data help to optimize the solution of supply, transportation, communication, and other logistical problems under the conditions of modern wars. Applying AI and machine learning technologies to supply chain management allows you to examine and organize large data sets to identify and reveal suspicious suppliers. Unmanned vehicles can automate routine logistical tasks (transportation of weapons, personnel, equipment, evacuation of the wounded, delivery of ammunition, water, food, etc.), performing them faster and more efficiently than humans. The implementation of AI technologies in military supply chain management improves the efficiency, security, and flexibility of logistics operations. AI and deep learning enable rapid and comprehensive analysis of large volumes of data, making it easier to spot trends and patterns that might otherwise go unnoticed. The analysis performed showed that the integration of AI algorithms helps not only to optimize processes, but also to increase the security of data and resources, as well as to intensify research in the field of logistics optimization.

Keywords: artificial intelligence (AI), AI technologies, military AI, military logistics, risks, machine learning, neural networks.

Трофименко Олена Григорівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій Національного університету «Одеська юридична академія», Orcid ID: 0000-0001-7626-0886.

Соколов Артем Вікторович, доктор технічних наук, доцент, професор кібербезпеки Національного університету «Одеська юридична академія», Orcid ID: 0000-0003-0283-7229.

Логінова Наталія Іванівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувачка кафедри інформаційних технологій Національного університету «Одеська юридична академія», Orcid ID: 0000-0002-9475-6188.

Ахмамєтьєва Ганна Валеріївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки Національного університету «Одеська юридична академія», Orcid ID: 0000-0002-0567-902X.

Чикунів Павло Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій Національного університету «Одеська юридична академія», Orcid ID: 0000-0003-4959-774412.

Trofymenko Olena – PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Information Technologies of the National University "Odessa Law Academy".

Sokolov Artem – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Cyber Security of the National University "Odessa Law Academy".

Loginova Nataliia – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Information Technologies of the National University "Odessa Law Academy".

Akhmametieva Hanna – PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Cyber Security of the National University "Odessa Law Academy".

Chygunov Pavlo – PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Information Technologies of the National University "Odessa Law Academy".