

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ОБОРОНОЗДАТНОСТІ КРАЇНИ

©2022 ХАУСТОВА В. Є., РЕШЕТНЯК О. І., ХАУСТОВ М. М., ЗІНЧЕНКО В. А.

УДК 004.9:355
JEL: H56; O32; O33; O38

Хаустова В. Є., Решетняк О. І., Хаустов М. М., Зінченко В. А. Напрямки розвитку технологій штучного інтелекту в забезпеченні обороноздатності країни

Штучний інтелект належить до технологічних сфер, що швидко розвиваються та в майбутньому матимуть значні наслідки для національної безпеки та обороноздатності. Для багатьох країн світу штучний інтелект став одним із ключових пріоритетів розвитку оборонного комплексу. Метою статті є виявлення основних напрямків використання штучного інтелекту в забезпеченні обороноздатності країни. Методичною базою статті є огляд літератури й аналіз загальних трендів розвитку технологій штучного інтелекту. Досліджено еволюцію штучного інтелекту, що дозволило визначити такі етапи: виникнення експертних систем; розвиток машинного та статистичного навчання; розвиток концепції та технології глибокого навчання і контекстної адаптації. Проаналізовано передбачення компанії Gartner щодо розвитку технологій штучного інтелекту та визначено, що в майбутньому зростатиме вплив методів глибокого навчання, нейроморфних обчислень, які моделюють нейронну структуру та роботу мозку людини; методів змагального машинного навчання, методів аналітики, відомих як «малі дані» та «широкі дані». Проаналізовано звіт «Science & Technology Trends 2020–2040» Організації НАТО з науки та технологій, який обґрунтовує важливість використання штучного інтелекту для розвитку військового потенціалу, формування стратегічних пріоритетів у сфері розвитку озброєння та прийняття політичних рішень. Визначено, що на формування та розвиток військового потенціалу очікується зростання впливу вбудованого штучного інтелекту в такі технології, як ядерні, аерокосмічні, кібернетичні технології, технології розробки нових матеріалів та біотехнології; віртуальна/доповнена реальність; квантові обчислення; дослідження матеріалів та ін. Визначено можливі напрямки використання штучного інтелекту в таких сферах, як: C4ISR, зброя та її ефективне використання, УхВ, планування можливостей, СБРН, військова медицина, логістика, кібер- та інфопростір та ін. Визначено переваги від використання штучного інтелекту для розвитку обороноздатності країн світу та значні загрози, які потребують подальших досліджень технологій і методів штучного інтелекту та напрямків їх практичного використання у сфері оборони та захисту.

Ключові слова: штучний інтелект, ключові технології, розвиток, обороноздатність, військовий потенціал.

Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 30.

Хаустова Вікторія Євгенівна – доктор економічних наук, професор, директор Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2188530/viktoriia-ye-khaustova/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57216123094>

Решетняк Олена Іванівна – доктор економічних наук, доцент, завідувачка сектора промислової політики та інноваційного розвитку, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: reshetele@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1183-302X>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2306728/olena-i-reshetnyak/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57221964559>

Хаустов Микита Миколайович – здобувач, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: khaustov.mkt@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9889-5989>

Зінченко Володимир Анатолійович – доктор економічних наук, старший науковий співробітник Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: zinchenko.vlan@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4293-7101>

UDC 004.9:355
JEL: H56; O32; O33; O38

Khaustova V. Ye., Reshetnyak O. I., Khaustov M. M., Zinchenko V. A. Directions of Development of Artificial Intelligence Technologies in Ensuring the Country's Defense Capability

Artificial intelligence belongs to the rapidly developing technological spheres and in the future will have significant consequences for both national security and defense capability. For many countries of the world, artificial intelligence has become one of the key priorities for the development of the defense complex. The article is aimed at identifying the main directions of the use of artificial intelligence in ensuring the country's defense capability. The methodological basis of the article is literature review and analysis of general trends in the development of artificial intelligence technologies. The evolution of artificial intelligence was researched, which allowed to determine the following stages: the emergence of expert systems; development of machine and statistical training; development of the conception and technology of deep learning and contextual adaptation. Gartner's predictions on the development of artificial intelligence technologies are analyzed and it is defined that the influence of deep learning methods, neuromorphic computing that simulate the neural structure and work of the human brain, competitive machine learning methods, analytics methods known as «small data» and «broad data» will increase in the future. The article analyzes the report «Science & Technology Trends 2020-2040» by the NATO Science and Technology Organization, substantiating the importance of using artificial intel-

ligence to develop military capabilities, form strategic priorities in the sphere of weapons development and political decision-making. It is determined that the formation and development of military potential is expected to experience an increased impact of embedded artificial intelligence in the nuclear, aerospace, cybernetic technologies, technologies for the development of new materials and biotechnology; virtual/augmented reality; quantum computing; research of materials, etc. The authors determine possible directions of use of artificial intelligence in such areas as: C4ISR, weapons and their effective use, UxV, capability planning, CBRN, military medicine, logistics, cyber and information space, etc. The advantages of the use of artificial intelligence for the development of the defense capability of the world countries and significant threats that require further research of technologies and methods of artificial intelligence along with directions of their practical use in the sphere of defense and protection are identified.

Keywords: artificial intelligence, key technologies, development, defense capability, military potential.

Fig.: 1. **Tabl.:** 1. **Bibl.:** 30.

Khaustova Viktoriia Ye. – D. Sc. (Economics), Professor, Director of the Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: v.khaust@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2188530/viktoriia-ye-khaustova/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216123094>

Reshetnyak Olena I. – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Head of the Sector of Industrial Policy and Innovative Development, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: reshetele@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1183-302X>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2306728/olena-i-reshetnyak/>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221964559>

Khaustov Mykyta M. – Applicant, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: khaustov.mkt@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9889-5989>

Zinchenko Volodymyr A. – D. Sc. (Economics), Senior Research Fellow of the Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: zinchenko.vlan@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4293-7101>

Технологічні інновації змінюють усі сфери соціально-економічної діяльності, у тому числі сферу забезпечення обороноздатності країн світу [1–4]. З іншого боку, саме оборонний комплекс є джерелом виникнення багатьох проривних технологій, у тому числі окремих інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Виникнення та розвиток багатьох ІКТ, зокрема штучного інтелекту (ШІ), викликали різноманітні перетворення в оборонній промисловості. Підтвердженням важливості використання ШІ для забезпечення національної безпеки є результати досліджень Науково-технічної організації НАТО, що визначають найбільш суттєві з них для розвитку технологій на найближчі 20 років. Так, згідно з ними, ключовими технологіями є: великі дані, штучний інтелект, автономні транспортні засоби, космос, гіперзвукові літальні апарати, квантові технології, біотехнології, нові матеріали [5].

Отже, ШІ – це сфера технологій, що швидко розвивається та в майбутньому може мати значні наслідки для національної безпеки [6]. Штучний інтелект імітує такі аспекти людського пізнання, як сприйняття, міркування, планування та здатність автономно виконувати такі завдання, як розуміння мови, розпізнавання об'єктів і звуків, навчання та вирішення проблем [7; 8]. Багатьма дослідниками світу ШІ визначається як найважливіша технологія з коли-небудь винайдених [9]. Сполучені Штати, Китай та інші країни світу розробляють програми застосування ШІ для ряду оборонних і військових функцій. Так, досліджен-

ня ШІ тривають у сферах збору й аналізу розвідувальних даних, логістики, кібероперацій і кібербезпеки, у різноманітних напівавтономних та автономних транспортних засобах. ШІ був застосований у військових операціях в Іраку, Сирії. Під час російської військової агресії Україна також використовує автономну розумну зброю, зокрема безпілотні літаки турецького походження TB2 Bayraktar, які ще покладаються на оператора-людину для управління. Тим часом, Росія має безпілотник-камікадзе з деякими автономними можливостями під назвою Lantset, який, як повідомляється, використовувався в Сирії та може використовуватися в Україні. Загалом Росія зробила ШІ своїм стратегічним пріоритетом у оборонних можливостях. Але, за оцінками дослідників Центру військово-морського аналізу [10], що фінансується урядом США, рівень розвитку її оборонних можливостей ШІ суттєво відстає і від США, і від Китаю.

ШІ також може відігравати важливу роль в інформаційній війні. Багато фахівців вважають, що такі методи ШІ, як deepfakes стають дуже реалістичними відео-фейками. Машинне навчання, як різновид ШІ, також може бути використане для виявлення дезінформації.

Крім того, ШІ може допомогти в аналізованні величезної кількості розвідданих з відкритим вихідним кодом, що виходить з України, – все, від відео TikTok і повідомлень в Telegram про формування військ і проведення атак, які завантажуються пересічними українцями, до загальнодоступних супутникових знімків,

дозволяють групам громадянського суспільства перевіряти претензії, зроблені обома сторонами конфлікту, а також документувати військові злочини та порушення прав людини.

У зв'язку з цим зрозумілим є підвищення наукового інтересу до нових технологій ШІ, напрямків їх застосування в сучасних умовах, впливу технологій ШІ на забезпечення обороноздатності країн світу.

З моменту свого виникнення в середині 1950-х рр. тематиці штучного інтелекту присвячено багато досліджень науковців з усього світу, але саме з 2000 р. спостерігається стрімке зростання досліджень, розробок і практичного застосування ШІ в різних сферах [11–14]. Так, К. Шульман (*C. Shulman*) досліджував накопичувачі ШІ, ймовірність їх співпраці з людьми та ризики, пов'язані зі застосуванням ШІ [15]. Н. Бостром (*N. Bostrom*) та інші показали, що створення самовдосконалюючого надінтелектуального ШІ є реальною можливістю в найближчі кілька десятиліть, хоча й несе високі ризики практичного використання [14–17]. Дж. Тетлоу (*G. Tetlow*) відмічає, що використання ШІ для мілітаристських цілей стає більш привабливим з кожним роком [18]. С. Де Шпіглер, М. Маас і Т. Свейс (*S. De Spiegeleire, M. Maas, T. Sweijs*) показали, що розвиток технологій ШІ впливає не тільки на вдосконалення високоточного озброєння, а й на розвиток стратегічного планування, підвищує рівень організації всередині військових структур і змінює принципи організації національної оборони в напрямку надрозумного ШІ [19]. Аллен Г. і Чан Т. (*G. Allen, T. Chan*) проаналізували глобальні катастрофічні ризики ШІ та визначили перспективи злиття в майбутньому цивільної галузі штучного інтелекту й американської системи безпеки [20]. Л. Саалман (*L. Saalman*) [21] та І. Сабадфолді (*I. Szabadfoldi*) [12] свої дослідження присвятили розгляду можливостей і ризиків ШІ у сфері безпеки загалом, а також сфері застосування ШІ у військовій сфері зокрема.

Проте, незважаючи на велику кількість наукових робіт, присвячених ШІ та його використанню в оборонній сфері, впливу нових технологій ШІ на національну обороноздатність країн світу присвячено недостатньо уваги. Отже, надвисока актуальність даної проблематики та динамічність змін у сфері розвитку ШІ свідчить про необхідність її подальших досліджень.

Метою статті є виявлення основних напрямків використання штучного інтелекту в забезпеченні обороноздатності країни.

Аналіз еволюції розвитку ШІ [11] дозволив визначити такі його етапи розвитку (*табл. 1*):

- ✦ *перший етап* – виникнення експертних систем, рішення зосереджені на підходах, заснованих на правилах, таких як дерева рішень, булева та нечітка логіка;
- ✦ *другий етап* – розвиток машинного та статистичного навчання, підвищення уваги до

розробки та застосування статистичних методів, розробка таких рішень, як фільтрація спаму електронної пошти та пошукові системи в Інтернеті;

- ✦ *третій етап (триває зараз)* – розробка концепції та технологій глибокого навчання (контекстна адаптація), запровадження використання людських методів навчання, таких як нейронні мережі.

Дослідження тенденцій розвитку технологій ШІ показують, що, незважаючи на вдосконалення методів глибокого навчання [22], розвиваються й нові дослідницькі напрямки, зокрема нейроморфні обчислення, які намагаються точніше імітувати нейронну структуру та роботу мозку людини [23], а також змагальне машинне навчання, яке прагне зрозуміти, як заплутати системи ШІ [24]. Ще одним перспективним напрямком розвитку ШІ вважається ймовірнісне обчислення, що призначено для зменшення невизначеності, двозначності та суперечливості у світі природи [23]. Дослідження в цих сферах включають нові методи машинного (*machine learning* – *ML*) та глибокого навчання (*deep learning* – *DL*), зосереджені на використанні менших навчальних наборів даних і необхідності пояснення.

Ще одним важливим напрямком досліджень стає розробка нових алгоритмів *ML* і *DL* на основі квантової інформатики та квантових комп'ютерів [24]. Постійні дослідження та розробки нових алгоритмів більш загального призначення матимуть вирішальне значення для підтримки поточного темпу досліджень ШІ та виведення його за межі існуючих практичних обмежень [9].

Дослідницька компанія Gartner [25] очікує подальшого розвитку методів глибокого навчання, нейроморфних обчислень, що моделюють нейронну структуру та роботу мозку людини. Разом із цим, відмічається розробка методів змагального *ML*, підвищується роль нових методів аналітики, відомих як «малі дані» та «широкі дані». На *рис. 1* зображено цикл зрілості технологій (хайп-цикл) для нових технологій ШІ, який був запропонований у серпні 2021 р. Хайп-цикл Гартнера з технологій ШІ являє собою очікуваний курс його розвитку та застосування в цілому, що характерно для кожної нової технологічної адаптації. Таким чином, на сьогоднішній день захист цілісності систем ШІ стає критичною проблемою паралельно з її проактивним застосуванням.

Що стосується очікувань щодо ШІ у військовому застосуванні протягом наступних двох десятиліть, деякі його методи та технології визначають ключові передові військові технології. Так, важливість використання ШІ підкреслюється у звіті «Science & Technology Trends 2020–2040» Організації НАТО з науки та технологій (STO) [5] під час формування стратегічних пріоритетів у сфері розвитку озброєння

Коротка характеристика етапів розвитку технологій ШІ

Етап розвитку	Перша хвиля	Друга хвиля	Третя хвиля
Розвиток технологій	Експертні системи та логічне міркування	Машинне та статистичне навчання	Глибинне навчання, контекстна адаптація
Коротка характеристика	Технологія ШІ представлена експертними знаннями або іншими авторитетними джерелами та закодована в комп'ютерну програму у вигляді експертної системи	Технологія ШІ заснована на машинному навчанні (ML) або статистичному навчанні та включає розпізнавання голосу, обробку природної мови, комп'ютерний зір тощо	Технологія ШІ поєднує в собі сильні сторони ШІ першої та другої хвиль, а також здатна до контекстної складності, абстракції та пояснення
Приклад застосування	Розподіл ресурсів, технічне обслуговування, контроль інвентаризації	Розпізнавання облич, спам-фільтри, медична діагностика, семантичний аналіз	Автономні транспортні засоби, кіберагенти
Відносний рівень можливостей (від 0 до 10)			
Сприйняття	2	8	8
Навчання	0	8	8
Абстрагування	0	2	5
Міркування	7	2	8

Джерело: складено за даними [11].

та прийняття політичних рішень для країн НАТО та для країн-партнерів. У звіті визначається, що протягом наступних 20 років очікується, що основними характеристиками, які будуть визначати більшість ключових передових військових технологій, будуть такі:

- ✦ *інтелектуальність* – використання інтегрованого ШІ, орієнтованого на знання аналітичних можливостей і симбіотичного ШІ-людського інтелекту для забезпечення застосувань проривних технологій;
- ✦ *взаємопов'язаність* – експлуатація мережі віртуальних і фізичних доменів, включно з мережами датчиків, організацій, окремих осіб та автономних агентів, пов'язаних за допомогою нових методів шифрування та технологій розподіленого обліку;
- ✦ *поширеність* – використання децентралізованого та широкомасштабного зондування, зберігання й обчислення для досягнення нових руйнівних військових ефектів;
- ✦ *цифровізація* – цифрове поєднання людських, матеріальних та інформаційних областей для підтримки нових руйнівних ефектів.

У звіті STO також визначається, що дуже впливовими для розвитку майбутнього військового потенціалу є такі синергетичні та взаємозалежні технології [1]:

- ✦ *Data-AI-Autonomy*: отримання потенційної переваги у військових стратегічних та оперативних рішеннях за рахунок використання синергетичної взаємодії таких нових технологій і методів, як поєднання автономії, великих даних і ШІ з використанням інтелектуальних,

широко розповсюджених і дешевих датчиків поряд із автономними об'єктами (фізичними чи віртуальними);

- ✦ *Data-AI-Biotechnology*: з метою розробки нових ліків, цілеспрямованих генетичних модифікацій, прямих маніпуляцій з біохімічними реакціями та живими сенсорами за рахунок поєднання ШІ та використання Big Data;
- ✦ *Data-AI-Materials*: подальший розвиток у використанні 2D-матеріалів, розробці нових матеріалів з унікальними фізичними властивостями шляхом поєднання ШІ разом із «великими даними» (Big Data);
- ✦ *Data-Quantum*: квантові технології розширяють можливості збору, обробки та використання даних C4ISR (з англ. C4ISR – *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* – командування, контроль, канали зв'язку, комп'ютери, розвідка, спостереження та рекогноскування) за рахунок значного підвищення можливостей датчиків, безпечного зв'язку та обчислень;
- ✦ *Space-Quantum*: космічні квантові датчики за допомогою комунікації Quantum Key Distribution приведуть до абсолютно іншого класу датчиків, придатних для розгортання на супутниках. Важливим аспектом майбутньої військової архітектури ISR (з англ. *Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance* – розвідка, спостереження та рекогноскування) стане впровадження більш чутливих космічних сен-

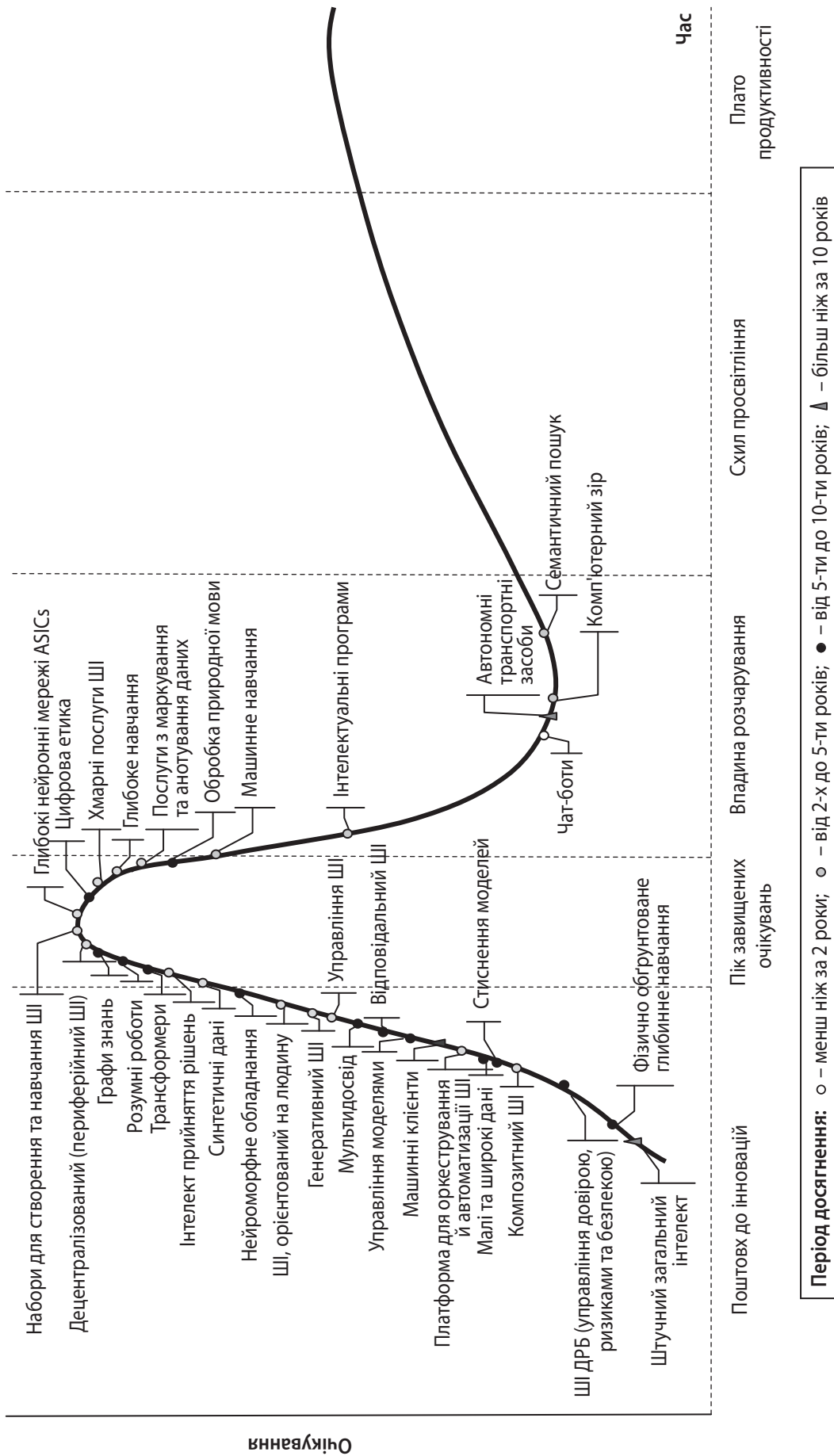


Рис. 1. Хайп-цикл Гартнера з технологій штучного інтелекту за 2021 р.

Джерело: складено за даними [25].

сорних мереж з використанням квантових датчиків;

- ✦ *Space-Hypersonics-Materials*: для використання космосу та гіперзвукового середовища за рахунок зниження витрат, підвищення надійності, збільшення продуктивності та полегшення виробництва недорогих систем, призначених для виконання оборонних завдань сприятиме розробка екзотичних матеріалів, нових конструкцій, мініатюризація, накопичення енергії та ін.

Таким чином, більшість напрямків технологічного розвитку військового потенціалу та обороноздатності пов'язані з розвитком штучного інтелекту. Цей вплив відбуватиметься переважно завдяки використанню вбудованого ШІ в інші супутні технології, такі як віртуальна/доповнена реальність; квантові обчислення; автономність, моделювання, клауди; дослідження матеріалів; виробництво, логістика, стратегічне управління; аналітика великих, малих і широких даних [26]. Також ШІ матиме трансформаційний вплив на ядерні, аерокосмічні, кібернетичні технології, технології розробки нових матеріалів та біотехнології. Так, Т. Сімоніт (*T. Simonite*) зазначає, що ці наслідки матимуть такий самий стратегічний вплив на зміну у військових технологіях, що й впровадження ядерної зброї [27]. Проте надмірна залежність від систем ШІ також призведе не тільки до появи переваг у їх використанні для розвитку обороноздатності країн світу, а й до появи нових значних загроз.

У звіті STO [5] відмічаються основні сфери потенційного впливу ШІ на розвиток обороноздатності країн світу протягом наступних 20 років у таких сферах:

- ✦ *CAISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – командування, контроль, канали зв'язку, комп'ютери, розвідка, спостереження та рекогноскування)*: бойові підрозділи використовуватимуть надійні автономні системи з підтримкою ШІ, які будуть здатні виконувати завдання, що виходять за рамки тих, які вважаються нудними, брудними, небезпечними чи дорогими. Очікується, що деякі сфери потенційного застосування будуть у більш широкому використанні віртуальних помічників (аналог Google Home, Apple Siri або Amazon Alexa), забезпечувати процеси прийняття рішення з підтримкою ШІ у військових подіях. ШІ має значні перспективи для покращеного збору, обробки даних, а також їх оцінки (або визначення цілей) на основі категоризації та ефектів. Наприклад, аналітики ШІ зможуть використовувати надійні системи, здатні виконувати завдання, збирати, обробляти, використовувати, поширювати (*TCPED – Tasking, Collection, Processing, Exploitation, and*

Dissemination) та отримувати інформацію з усього спектра доступних датчиків і відповідних архівних даних. Додаткові сфери інтеграції ШІ включатимуть систему розширеної індикації та попереджень, інструменти управління інформацією та знаннями, а також забезпечуватиме використання допоміжних засобів для прийняття рішень задля більш ретельного та надійного аналізу розвідувальних даних. Це включатиме встановлення моделей життя, картографування розміщення людей на місцевості, аналіз соціальних мереж, а також підтримку прийняття рішень щодо націлювання. Дуже швидкісні нейроморфні електронні компоненти з дуже малою потужністю на основі ШІ конкуруватимуть з людським сприйняттям інформації, забезпечуючи вбудовану сенсорну обробку для розпізнавання образів, визначення цілей та ідентифікації.

- ✦ *Зброя та її ефективне використання*: ШІ потенційно може використовуватися для перехресних підказок, планування траєкторії, уникнення зіткнень, вибору зброї, оцінки пошкоджень у бою та координації наслідків.
- ✦ *UxV (безпілотні авіасистеми та озброєння наступного покоління кораблів майбутнього)*: сфери потенційного впливу ШІ на планування траєкторії, уникнення зіткнень/роїння, допомога оператору (наприклад, один оператор керує кількома UxV). Динамічне планування місії для автономних систем (наприклад, навігація, збір даних, характеристика навколишнього середовища й адаптивне зондування) забезпечуються інтеграцією систем глибокого навчання в мобільні платформи, що поліпшить роботизовані можливості для навігації в небезпечних, складних або дорогих у вирішенні ситуаціях. ШІ забезпечуватиме повністю автономне знешкодження вибухових боеприпасів у міських районах. Інтелектуальна автономність також забезпечуватиме широкі можливості для безпілотних підводних апаратів.
- ✦ *Планування можливостей*: ШІ підтримуватиме розробку аналітичних рішень для допомоги в довгостроковому плануванні в рамках воєнних і захисних операцій, включаючи підтримку прийняття складних рішень, що виходять за межі традиційних; забезпечуватиме допомогу в оцінці складних факторів і ланцюгів ефектів для осіб, які приймають рішення.
- ✦ *CBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear – хімічна, біологічна, радіаційна та ядерна загрози)*: національна оборона країн світу потребує набору інтегрованих технологій, які забезпечують швидке виявлення, ідентифікацію та моніторинг (DIM) CBRN загроз під час будь-яких місій. ШІ підтримуватиме

покращення автономності для виявлення, інтеграції інформації з відповідних датчиків і злиття даних.

- ✦ **Військова медицина:** ШІ має потенціал для формування клінічних знань, заснованих на емпіричній інформації, передових методах діагностики та лікування задля зменшення захворюваності та рівня смертності серед усіх шарів населення. Крім того, ШІ надаватиме автоматизовані інструменти підтримки прийняття рішень та діагностичні інструменти, щоб допомогти медикам у цій військовій сфері.
- ✦ **Логістика:** системи ШІ (особливо в поєднанні з цифровими близнюками) можуть мінімізувати час простою обладнання, звести до мінімуму збої в системі, покращити управління запасами та ремонтами тощо.
- ✦ **Кібер- та інфопростір:** інтелектуальна (тобто з підтримкою ШІ) автономність виходить за межі мобільних платформ. Для стійких автономних мереж і кібервійни система має виявляти, оцінювати та реагувати, перш ніж люди зможуть зрозуміти ситуацію. ШІ може оцінювати та інтерпретувати величезні обсяги сенсорних та інтелектуальних даних, приймати незалежні рішення та швидко діяти відповідно до цих рішень, водночас працювати як частина команди «людина – ШІ».

Крім можливостей і переваг, які привносять технології ШІ, залежність від них у майбутньому також посилить потенційні загрози для обороноздатності країни світу. Серед потенційних загроз розвитку ШІ можуть бути визначені такі [5]:

- ✦ системи ШІ особливо вразливі до кібератак, коли навмисне вороже втручання в їх дію може призвести до помилок рекомендацій або неоптимальних дій;
- ✦ досягнення в технологіях обробки та синтезу мовлення дають можливість створення реалістичних дипфейків (Deep Fake). У поєднанні з твітер-ботами та іншими хакерами соціальних мереж удосконалений ШІ (наприклад, генеративні змагальні мережі (GAN)) значно підвищить масштаби й ефективність гібридних атак;
- ✦ непередбачувана поведінка в системах ШІ є як сильною стороною (наприклад, створення абсолютно нових стратегій [28]), так і водночас підвищує відповідальність за абераційні рішення;
- ✦ системи навчання на базі ШІ дозволяють створювати нові покоління саморобних вибухових пристроїв, менш сприйнятливих до традиційних контрзаходів.

Серед проблем, з якими можуть зіткнутися системи забезпечення обороноздатності країни світу, та-

кож є сумісність ШІ із системами оперативного прийняття рішень, що пов'язано з необхідністю використання різних стандартів верифікації, підтвердження та акредитації (VV&A) [29]; різних правил управління даними, таксономії та побудови навчальних наборів даних; концепцій об'єднання людини та машини, їх симбіозу тощо.

Усвідомлюючи переваги, які надає використання ШІ в забезпеченні обороноздатності країн світу, американська некомерційна організація RAND [30], яка виконує функції стратегічного дослідницького центру, що працює на замовлення уряду США, їх збройних сил і пов'язаних з ними організацій, підготувала рекомендації Міністерству оборони США щодо використання штучного інтелекту. Ці рекомендації включають адаптацію структури управління ШІ, які узгоджують органи влади та ресурси зі своєю місією масштабування ШІ та збільшення інвестицій у розвиток технологій ШІ, зміцнення механізмів підключення дослідників ШІ, розробників технологій і операторів. Також вони визнають технології ШІ та аналізу даних критичними технологіями для Міністерства оборони та обороноздатності країни.

Отже, штучний інтелект, безумовно, відкриває нові перспективи в оборонних технологіях. Саме тому необхідним є дослідження можливостей, які відкриває розвиток ШІ та пов'язані з ним нові технології. Існують великі очікування щодо застосування методів і технологій ШІ в багатьох військових сферах, однак визначаються перешкоджаючі фактори та невирішені питання для подальших досліджень, щоб виправдати позитивні результати від використання ШІ в забезпеченні обороноздатності країн світу.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у результаті проведеного дослідження визначено таке.

1. В еволюції ШІ виділяються певні етапи його розвитку: *перший етап* – пов'язаний з виникненням експертних систем; *другий етап* – характеризує розвиток машинного та статистичного навчання; *третього етапу* (триває зараз) – пов'язаний з появою та розвитком концепції та технології глибокого навчання й контекстною адаптацією.

2. Відомими дослідницькими компаніями передбачається стрімкий розвиток технологій ШІ, зокрема методів глибокого навчання, нейроморфних обчислень, що моделюють нейронну структуру та роботу мозку людини; методів змагального машинного навчання, методів аналітики, відомих як «малі дані» та «широкі дані».

3. Велику важливість отримує використання ШІ для розвитку майбутнього військового потенціалу, формування стратегічних пріоритетів у сфері розвитку озброєння та прийняття політичних рішень

для країн світу. При цьому особливої уваги заслуговує розвиток синергетичних і взаємозалежних технологій на основі використання ШІ.

4. Значний вплив на формування та розвиток військового потенціалу матиме ШІ, вбудований у супутні технології, такі як: ядерні, аерокосмічні, кібернетичні, технології розробки нових матеріалів та біотехнології; віртуальна/доповнена реальність; квантові обчислення; автономність, моделювання, клауди; дослідження матеріалів; виробництво, логістика, стратегічне управління; аналітика великих, малих і широких даних.

5. Визначаючи переваги використання ШІ для розвитку обороноздатності країн світу, необхідно враховувати, що надмірна залежність від систем ШІ призведе до появи нових значних загроз і невирішених питань для подальших досліджень. Отже, перспективи та напрямки використання ШІ мають глибоко аналізуватися задля отримання позитивних результатів, що забезпечуватимуть відповідний розвиток обороноспроможності країн світу, зокрема України. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

- Хаустова В. Є., Решетняк О. І. Дослідження стану та тенденцій розвитку науки в країнах світу та Україні. *Проблеми економіки*. 2019. № 3. С. 11–22. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-11-22>
- Kuzym M., Reshetnyak O., Bielousov D. Forecasting scientific support for the advancement of the digital economy. *Studies of Applied Economics*. 2020. Vol. 38. No. 4. DOI: <https://doi.org/10.25115/eea.v38i4.4005>
- Кизим М. О., Хаустова В. Є., Решетняк О. І. Проблеми вибору пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки в Україні. *Бізнес Інформ*. 2020. № 7. С. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-7-50-58>
- Решетняк О. І. Наукова та науково-технічна діяльність в Україні: оцінка та напрямки розвитку : монографія. Харків : ФОРМ ЛІБУРКІНА Л. М., 2020. 720 с.
- Reding, D. F., Eaton, J. Science & Technology Trends 2020–2040. Exploring the S&T Edge / NATO Science & Technology Organization. Office of the Chief Scientist, Brussels, Belgium. URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf
- Bidwell, C., MacDonald, B. Emerging Disruptive Technologies and Their Potential Threat to Strategic Stability and National Security. Special Report. Federation of American Scientists, 2018. URL: <https://fas.org/wp-content/uploads/media/FAS-Emerging-Technologies-Report.pdf>
- Хаустова В. Є. Особливості та проблеми розвитку ІТ-сектора в Україні // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики» (м. Харків, 13 листопада 2020 р.). Харків : ФОРМ ЛІБУРКІНА Л. М., 2020, С. 200–210.
- Хаустов М. М., Бондаренко Д. В. Цифрові технології майбутнього в розвитку суспільства // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики» (м. Харків, 13 листопада 2020 р.). Харків : ФОРМ ЛІБУРКІНА Л. М., 2020, С. 338–347.
- Crow, L. Demis Hassabis on AI's potential / *The Economist*. 2020. URL: <https://theworldin.economist.com/edition/2020/article/17385/demis-hassabis-ais-potential>
- Center for Naval Analyses. URL: <https://www.cna.org/centers/cna/>
- Artificial Intelligence and National Security / Congressional Research Service. November 10, 2020. URL: <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45178.pdf>
- Szabadszöke I. Artificial Intelligence in Military Application – Opportunities and Challenges. *Land Forces Academy Review*. 2021. Vol. XXVI. No. 2. P. 157–165. DOI: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0022>
- Хаустова В. Є., Решетняк О. І., Хаустов М. М. Перспективні напрямки розвитку ІТ-сфери у світі. *Проблеми економіки*. 2022. № 1. С. 3–19. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-1-3-19>
- Хаустов М. М., Бондаренко Д. В. Оцінки цифровізації та впливу інформаційно-комунікаційних технологій на економічний розвиток країн // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики» (м. Харків, 19 листопада 2021 р.). Харків : ФОРМ ЛІБУРКІНА Л. М., 2021. С. 416–431.
- Shulman, C. Omohundro's "Basic AI Drives" and Catastrophic Risks. MIRI technical report. 2010. URL: <http://intelligence.org/files/BasicAIDrives.pdf>
- Bostrom, N. Strategic Implications of Openness in AI Development. *Global Policy*. 2017. Vol. 8. Iss. 2. P. 135–148. DOI: 10.1111/1758-5899.12403
- Baum, S. D. On the Promotion of Safe and Socially Beneficial Artificial Intelligence. *AI & Society*. 2017. Vol. 32. Iss. 4. P. 543–551. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-016-0677-0>
- Tetlow, G. AI arms race risks spiralling out of control, report warns / *Financial Times*. 2017. URL: <https://www.ft.com/content/b56d57e8-d822-11e6-944b-e7eb37a6aa8e>
- De Spiegeleire, S., Maas, M., Sweijs, T. Artificial Intelligence and the Future of Defence: Strategic Implications for Small- and Medium-Sized Force Providers / The Hague Centre for Strategic Studies. 2017. URL: <https://www.jstor.org/stable/resrep12564.1?seq=1>
- Allen, G., Chan, T. Artificial Intelligence and National Security. Report. Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs. Boston, MA. 2017. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/AI%20NatSec%20-%20final.pdf>
- The Impact of Artificial Intelligence on Strategic Stability and Nuclear Risk / Ed. by L. Saalman. 2019. Vol. II: East Asian Perspectives. Sweden: Stockholm International Peace Research Institute. URL: https://www.sipri.org/sites/default/files/2019-10/the_impact_of_artificial_intelligence_on_strategic_stability_and_nuclear_risk_volume_ii.pdf
- Augustyn, J. Emerging Science and Technology Trends: 2016–2045. A Synthesis of Leading Forecasts. Future Security Environment / Office of the Deputy

- Assistant Secretary of the Army (Research & Technology). 2016. URL: https://defenseinnovationmarketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/02/2016_SciTechReport_16June2016.pdf
23. Neuromorphic Computing – Next Generation of AI / Intel. 2019. URL: <https://www.intel.com/content/www/uk/en/research/neuromorphic-computing.html>
 24. Wiyatno, R. R., Xu, A., Dia, O., De Berker, A. Adversarial Examples in Modern Machine Learning: A Review. arXiv:1911.05268, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.05268>
 25. The 4 Trends That Prevail on the Gartner Hype Cycle for AI / Gartner. 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/articles/the-4-trends-that-prevail-on-the-gartner-hype-cycle-for-ai-2021>
 26. Tonin, M. Artificial Intelligence: Implications for NATO's Armed Forces: Report / NATO Parliamentary Assembly. Brussels, 2019. URL: <https://www.nato-pa.int/download-file?filename=%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2019-10%2FREPORT%20149%20STCTTS%2019%20E%20rev.%201%20fin-%20ARTIFICIAL%20INTELLIGENCE.pdf>
 27. Simonite, T. AI Could Revolutionize War as Much as Nukes / WIRED. 19.07.2017. URL: <https://www.wired.com/story/ai-could-revolutionize-war-as-much-as-nukes/>
 28. Paul C., Posardm M. N. Artificial Intelligence and the Manufacturing of Reality / Rand. 2020. URL: <https://www.rand.org/blog/2020/01/artificial-intelligence-and-the-manufacturing-of-reality.html>
 29. Gibney, E. Self-taught AI is best yet at strategy game Go. *Nature*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature.2017.22858>
 30. Tarraf, D. C. et al. The Department of Defense's Posture for Artificial Intelligence. Assessment and Recommendations for Improvement / Tarraf, D. C., Shelton, W., Parker, E., et al. 2021. URL: https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10145.html
- American Scientists, 2018. <https://fas.org/wp-content/uploads/media/FAS-Emerging-Technologies-Report.pdf>
- Bostrom, N. "Strategic Implications of Openness in AI Development". *Global Policy*, vol. 8, no. 2 (2017): 135-148. DOI: 10.1111/1758-5899.12403
- Center for Naval Analyses. <https://www.cna.org/centers/cna/>
- Crow, L. "Demis Hassabis on AI's potential". *The Economist*. 2020. <https://theworldin.economist.com/edition/2020/article/17385/demis-hassabis-ais-potential>
- De Spiegeleire, S., Maas, M., and Sweijs, T. "Artificial Intelligence and the Future of Defence: Strategic Implications for Small- and Medium-Sized Force Providers". The Hague Centre for Strategic Studies. 2017. <https://www.jstor.org/stable/resrep12564.1?seq=1>
- Gibney, E. "Self-taught AI is best yet at strategy game Go". *Nature* (2017). DOI: <https://doi.org/10.1038/nature.2017.22858>
- Khaustov, M. M., and Bondarenko, D. V. "Otsinky tsyvrovizatsii ta vplyvu informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii na ekonomichnyi rozvytok krain" [Assessments of Digitalization and the Impact of Information and Communication Technologies on Economic Development]. *Konkurentospromozhnist ta innovatsii: problemy nauky ta praktyky*. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2021. 416-431.
- Khaustov, M. M., and Bondarenko, D. V. "Tsyvrovi tekhnolohii maibutnyoho v rozvytku suspilstva" [Digital Technologies of the Future in the Development of Society]. *Konkurentospromozhnist ta innovatsii: problemy nauky ta praktyky*. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2020. 338-347.
- Khaustova, V. Ye. "Osoblyvosti ta problemy rozvytku IT-sektora v Ukraini" [Features and Problems of the Development of the IT Sector in Ukraine]. *Konkurentospromozhnist ta innovatsii: problemy nauky ta praktyky*. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2020. 200-210.
- Khaustova, V. Ye., and Reshetniak, O. I. "Doslidzhennia stanu ta tendentsii rozvytku nauky v krainakh svitu ta Ukraini" [Research on the State of Science and Trends in its Development in Countries of the World and Ukraine]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2019): 11-22. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-11-22>
- Khaustova, V. Ye., Reshetniak, O. I., and Khaustov, M. M. "Perspektyvni napriamky rozvytku IT-sfery u sviti" [Promising Directions of Development of the IT Sphere in the World]. *Problemy ekonomiky*, no. 1 (2022): 3-19. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-1-3-19>
- Kyzym, M. O., Khaustova, V. Ye., and Reshetniak, O. I. "Problemy vyboru priorytetnykh napriamiv rozvytku nauky ta tekhniki v Ukraini" [Problems of Selecting the Priority Directions of the Science and Technology Development in Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 7 (2020): 50-58. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-7-50-58>
- Kyzym, M., Reshetnyak, O., and Bielousov, D. "Forecasting scientific support for the advancement of the digital economy". *Studies of Applied Economics*, vol. 38, no. 4 (2020). DOI: <https://doi.org/10.25115/eea.v38i4.4005>
- "Neuromorphic Computing – Next Generation of AI". Intel. 2019. <https://www.intel.com/content/www/uk/en/research/neuromorphic-computing.html>

REFERENCES

"Artificial Intelligence and National Security". Congressional Research Service. November 10, 2020. <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45178.pdf>

Allen, G., and Chan, T. "Artificial Intelligence and National Security. Report". Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs. Boston, MA. 2017. <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/AI%20NatSec%20-%20final.pdf>

Augustyn, J. "Emerging Science and Technology Trends: 2016-2045. A Synthesis of Leading Forecasts. Future Security Environment". Office of the Deputy Assistant Secretary of the Army (Research & Technology). 2016. https://defenseinnovationmarketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2018/02/2016_SciTechReport_16June2016.pdf

Baum, S. D. "On the Promotion of Safe and Socially Beneficial Artificial Intelligence". *AI & Society*, vol. 32, no. 4 (2017): 543-551.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-016-0677-0>

Bidwell, C., and MacDonald, B. "Emerging Disruptive Technologies and Their Potential Threat to Strategic Stability and National Security. Special Report". Federation of

- Paul, C., and Posardm, M. N. "Artificial Intelligence and the Manufacturing of Reality". Rand. 2020. <https://www.rand.org/blog/2020/01/artificial-intelligence-and-the-manufacturing-of-reality.html>
- Reding, D. F., and Eaton, J. "Science & Technology Trends 2020-2040. Exploring the S&T Edge". NATO Science & Technology Organization. Office of the Chief Scientist, Brussels, Belgium. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf
- Reshetniak, O. I. *Naukova ta naukovo-tekhnichna diialnist v Ukraini: otsinka ta napriamky rozvytku* [Scientific and Scientific-technical Activity in Ukraine: Assessment and Directions of Development]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2020.
- Shulman, C. "Omohundro's "Basic AI Drives" and Catastrophic Risks". MIRI technical report. 2010. <http://intelligence.org/files/BasicAIDrives.pdf>
- Simonite, T. "AI Could Revolutionize War as Much as Nukes". WIRED. July 19, 2017. <https://www.wired.com/story/ai-could-revolutionize-war-as-much-as-nukes/>
- Szabadfoldi, I. "Artificial Intelligence in Military Application – Opportunities and Challenges". *Land Forces Academy Review*, vol. XXVI, no. 2 (2021): 157-165. DOI: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0022>
- "The 4 Trends That Prevail on the Gartner Hype Cycle for AI". Gartner. 2021. <https://www.gartner.com/en/articles/the-4-trends-that-prevail-on-the-gartner-hype-cycle-for-ai-2021>
- "The Impact of Artificial Intelligence on Strategic Stability and Nuclear Risk". Sweden: Stockholm International Peace Research Institute. 2019. https://www.sipri.org/sites/default/files/2019-10/the_impact_of_artificial_intelligence_on_strategic_stability_and_nuclear_risk_volume_ii.pdf
- Tarraf, D. C. et al. "The Department of Defense's Posture for Artificial Intelligence. Assessment and Recommendations for Improvement". 2021. https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10145.html
- Tetlow, G. "AI arms race risks spiralling out of control, report warns". *Financial Times*. 2017. <https://www.ft.com/content/b56d57e8-d822-11e6-944b-e7eb37a6aa8e>
- Tonin, M. "Artificial Intelligence: Implications for NATO's Armed Forces: Report". NATO Parliamentary Assembly. Brussels, 2019. <https://www.nato-pa.int/download-file?filename=%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2019-10%2FREPORT%20149%20STCTTS%2019%20E%20rev.%201%20fin-%20ARTIFICIAL%20INTELLIGENCE.pdf>
- Wiyatno, R. R. et al. "Adversarial Examples in Modern Machine Learning: A Review". *arXiv:1911.05268* (2019). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.05268>