

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

4(28)
2020

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК

DOI: <https://doi.org/1034169/2414-0651>

ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту, голова редакційної ради
Чепков І.Б., д.т.н.

Голова редакційної колегії

Дерепа А.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Заступник голови редакційної колегії

Васьківський М.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Відповідальний секретар редакційної колегії

Глазкова С.В., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна колегія:

Бісик С.П., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Бліцков В.С., д.т.н. (НУК)

Борковски Яцек, д.т.н. (ВІТО), Польща

Грінченко В.Т., акад., д.ф.-м.н. (ІГ НАНУ)

Гурнович А.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Дідковський В.С., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Довгополій А.С., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Животовський Р.М., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Зубарева В.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Коростельов О.П., д.т.н. (ДержККБ «Луч»)

Купрінченко О.М., д.т.н. (НАСВ)

Кучер Д.Б., д.т.н. (ІВМС НУОМА)

Кучеров Д.П., д.т.н. (НАУ)

Кучинський А.В., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Ланецький Б.М., д.т.н. (ХНУПС)

Ланицький С.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Лейко О.Г., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Луханін М.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Мітрахович М.М., д.т.н. (ДП «Віснко-Прогрес»)

Олійник Б.О., д.т.н. (ДП «ЛОРТА»)

Расстригін О.О., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Сидоренко Ю.М., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Слюсар В.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Чабаненко П.П., д.в.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Чепков І.Б., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна рада:

Певцов Г.В., д.т.н. (ХНУПС)

Ткачук П.П., д.іст.н. (НАСВ)

Толубко В.Б., д.т.н. (ДУТ)

Харченко О.В., д.т.н. (ДНДЦА)

Шевцов М.М., к.т.н. (ОЗСУ)

Розглянуто та схвалено до друку

науково-технічною радою

ЦНДІ ОВТ ЗС України

(протокол №12 від 26.11.2020)

Оригінальний макет виготовлено

Видавничим домом Дмитра Бураго

Адреса редакції:

Україна, 03049, м. Київ,

пр-т Повітрофлотський, 28

Тел.: (044) 271-0966

Факс: (044) 520-12-84

E-mail: cndi_ovt@mil.gov.ua

Сайт: <https://journal.cndiovt.com.ua>

Свідчення про державну реєстрацію

друкованого засобу масової інформації

серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013

Журнал входить до переліку наукових фахових

видань Міністерства освіти і науки України,

категорія Б (наказ №1643 від 28.12.2019)



© ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2020

У НОМЕРІ

ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

- Головін О. О., Методичний підхід щодо ранжування альтернатив при прийнятті рішень з розвитку озброєння та військової техніки. 3
- Слюсар В. І., Сотник В. В., Купчин А. В., Шостак В. Г. Проривні технології в оборонній сфері України. 13
- Кайдалов Р. О., Торяник Д. О., Мельніков С. М. Аналіз існуючої системи технічного забезпечення дій угруповання національної гвардії України. 24

БРОНЕТАНКОВА ТЕХНІКА

- Zhadan V. A., Larin O. Yu., Maistrenko O. A., Pochechun O. O. Modeling the heat exchange process between the main units of modern wheeled armored troop-carrier on the basis of finite element modeling methods
(Жадан В. А., Ларін О. Ю., Майстренко О. А., Почечун О. О. Моделювання процесу теплообміну між основними агрегатами сучасних колісних бронетранспортерів в базі методів кінцевоелементного моделювання). 32

АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРІЛЕЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ

- Adamenko B. I., Petushkov V. V., Maistrenko O. A. Experimental determination of the artillery gun breaking parts of the brake basic parameters affecting its characteristics
(Адаменко Б. І., Петушков В. В., Майстренко О. А. Експериментальне визначення основних параметрів тормозу відкатних частин артилерійської гармати, що впливають на його характеристики). 38

ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

- Бортновський С. А., Зверев О. О., Животовський Р. М., Петрук С. М., Рамишов Д. В. Обґрунтування технічних пропозицій щодо спряження сучасних ПЕОМ зі спеціалізованими обчислювальними засобами зенітного ракетного озброєння з метою модернізації та підвищення. 48

ЛІТАКИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

- Остапчук Е. С., Головін О. О., Расстригін О. О., Глазкова С. В. До питання побудови математичної моделі в задачі автоматичного управління літальними апаратами при дозаправці паливом в повітрі. 57

ОЗБРОЄННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

- Сілков В. І. Літаюча модель замість аеродинамічної труби. 66

БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ

- Гриценко В. І., Волков О. Є., Шепетуша Ю. М., Комар М. М., Волошенко Д. О. Інтелектуалізована технологія автономного керування сучасними безпілотними авіаційними системами. 75

ТЕХНІКА ТА ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

- Derepa A. V., Leiko O. G., Bogdanov O. V., Drozdenko O. I., Nyzhnyk O. I. Sound radiation by cylindrical hydroacoustic transducer in the presence of a screen with electrically controlled acoustic power
(Дерепа А. В., Лейко О. Г., Богданов О. В., Дрозденко О. І., Нижник О. І. Випромінювання звуку циліндричним гідроакустичним перетворювачем в присутності екрану з електрично керованими акустичними властивостями). 83

ЖИВУЧІСТЬ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

- Савельєв Ю. В., Марковська Л. А., Пархоменко Н. Й., Ахранович О. Р., Савельєва О. О., Литвяков В. І., Олійник К. А. Нові захисні матеріали для підвищення експлуатаційної надійності військових об'єктів. 89
- Косенко А. В., Дем'янчук Б. О., Гончарук А. А., Артабаєв Ю. З. Техніко-економічне порівняння варіантів маскування броньованого автомобіля для підвищення його живучості при використанні противником засобів технічної розвідки. 98

ІНФОРМАЦІЯ

- Задунай О. С., Гуменюк В. І., Паламарчук А. А., Бурак В. Д., Стефанишин Я. І., Таран Б. Д., Слюсар В. І., Ушаков В. Д. Цифрова радіорелейна станція дециметрового діапазону "Дніпро". 104

WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

4(28)
2020

SCIENTIFIC JOURNAL

DOI: <https://doi.org/1034169/2414-0651>

QUARTERL

PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

TABLE OF CONTENTS

MILITARY TECHNICAL POLICY

- Holovin O. O.* Methodical approach to the ranking of alternatives in decision-making in the development of weapons and military equipment 3
- Slyusar V. I., Sotnyk V. V., Kupchyn A. V., Shostak V. G.* Disruptive technologies in the defense sphere of Ukraine..... 13
- Kaidalov R. O., Toryanik D. O., Melnikov S. M.* Analysis of the existing system of technical support of actions of the group of the national guard of Ukraine 24

ARMORED VEHICLES

- Zhadan V. A., Larin O. Yu., Maistrenko O. A., Pochechun O. O.* Modeling the heat exchange process between the main units of modern wheeled armored troop-carrier on the basis of finite element modeling methods..... 32

ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

- Adamenko B. I., Petushkov V. V., Maistrenko O. A.* Experimental determination of the artillery gun breaking parts of the brake basic parameters affecting its characteristics 38

AIR DEFENSE SYSTEMS

- Bortnovskiy S. A., Zvieriev O. O., Zhyvotovskiy R. M., Petruk S. M., Ramshov D. V.* Justification of technical proposals for the conjugation of modern personal computers with specialized computer means of anti-aircraft missile weapons in order to modernize and increase the computing..... 48

MILITARY AIRCRAFTS

- Ostapchuk E. S., Holovin O. O., Rasstrygin O. O., Glazkova S. V.* To the issue of building a mathematical model in the task of automatic control of aircraft when refueling fuel in the air 57

AIRCRAFT ARMAMENT & FACILITIES

- Silkov V. I.* Flying model instead of aerodynamic pipe..... 66

UAV

- Gritsenko V. I., Volkov O. Ye, Shepetukha Yu. M., Komar M. M., Volosheniuk D. O.* Intellectualized technology for autonomous control of modern unmanned aircraft systems 75

NAVY ARMAMENT & EQUIPMENT

- Derepa A. V., Leiko O. G., Bogdanov O. V., Drozdenko O. I., Nyzhnyk O. I.* Sound radiation by cylindrical hydroacoustic transducer in the presence of a screen with electrically controlled acoustic power 83

SURVIVABILITY

- Savel'yev Yu. V., Markovskaya L. A., Parkhomenko N. Yo., Akhranovich O. R., Savel'yeva O. O., Lutvyakov V. I., Oliinik K. A.* New protective materials to improve survivability military objects 89
- Kosenko A. V., Demyanchuk B. O., Goncharuk A. A., Artabaiev Yu. Z.* Technical and economic comparison of camouflage options for armored combat vehicle to increase its survivability when using technical reconnaissance means by the enemy..... 98

INPUTS

- Zadunay O. S., Gumenuk V. I., Palamarchuk A. A., Burak V. D., Stefanyshyn Ya. I., Taran B. D., Slyusar V. I., Ushakov V. D.* The digital radio relay station of decimeter range "Dnipro" 104

Project Manager, Editorial Director
Chepkov I.B., DEng

Editorial Director
Derepa A.V., DEng (CRI AME AFU)
Deputy of Editorial Director
Vaskivskyy M.I., DEng (CRI AME AFU)
Executive Secretary of Editorial Board
Glazkova S.V., PhD (CRI AME AFU)

Editorial Board:
Bisyk S.P., PhD (CRI AME AFU)
Blintsov V.S., DEng (NUS)
Borkovskyy Yatssek, DEng (WITA), Poland
Hrinchenko V.T., acad., DEng (IG NASU)
Hurnovych A.V., DEng (CRI AME AFU)
Didkovskyy V.S., DEng (NTUU KPI)
Dovhopolyi A.S., DEng (CRI AME AFU)
Zhyvotovskyy R.M., PhD (CRI AME AFU)
Zubariev V.V., DEng (CRI AME AFU)
Korostelyov O.P., DEng ("SKDB" Luch")
Kuprinenko O.M., DEng (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)

Kucher D.B., DEng (NI NU "OMA")
Kucherov D.P., DEng (NAU)
Kuchynskyy A.V., PhD (CRI AME AFU)
Lanetskyi B.M., DEng (KNUAF)
Lapytskyy S.V., DEng (CRI AME AFU)
Leyko O.H., DEng (NTUU KPI)
Lukhanin M.I., DEng (CRI AME AFU)
Mitrakhovych M.M., DEng (SE Ivchenko-Progress)
Oliarynyk B.O., DEng (SE "LSP" LORTA")
Rasstryhin O.O., DEng (CRI AME AFU)
Sydorenko Yu.M., DEng (NTUU KPI)
Slyusar V.I., DEng (CRI AME AFU)
Chabanenko P.P., DScMil, (CRI AME AFU)
Chepkov I.B., DEng (CRI AME AFU)

Editors:
Pyevtsov H.V., DEng (KNUAF)
Tkachuk P.P., DSc
(Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)
Tolubko V.B., DEng (SUT)
Kharchenko O.V., DEng (SRIA)
Shevtsov M.M., PhD (AAFU)

Reviewed and approved for publication
by Science and Engineering Board
(record No.12 of 26.11.2020)

Original dummy copy was made
by Dmitry Burago Publishing House

Editorial address:

Ukraine, 03049, Kyiv
28, Povitroflotsky Ave
tel.: (044) 271-0966
fax: (044) 520-12-84
E-mail: endi_ovt@mil.gov.ua
Site: <https://journal.cndiovt.com.ua>

Medium State Registration Certificate serial No. KB
20209-10009R of 20.08.2013

Journal is in the list of scientific professional
publications of the Ministry of Education
and Science of Ukraine Category B
(order No.1643 of 28.12.2019)



УДК 303.446 + 303.444

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4\(28\).13-23](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4(28).13-23).**В. І. СЛЮСАР,***доктор технічних наук, професор,
<https://orsid.org/0000-0002-2912-3149>***В. В. СОТНИК,***кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
<https://orsid.org/0000-0003-1094-6257>***А. В. КУПЧИН,***ад'юнкт,
<https://orsid.org/0000-0003-2013-691X>
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки, м. Київ)***В. Г. ШОСТАК,***в. о. директора Департаменту військово-технічної політики МОУ, м. Київ, Україна
(Департамент військово-технічної політики МОУ, м. Київ)*

ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОБОРОННІЙ СФЕРІ УКРАЇНИ

Основним меседжем написання цієї статті є формування наукового зацікавлення на предмет ідентифікації проривних технологій, як суттєвого інструменту зміцнення технологічної безпеки країни.

У роботі описано досвід НАТО щодо визначення переліку проривних технологій. Визначені спільні та відмінні риси критичних та проривних технологій. Обґрунтовано актуальність та необхідність створення одного уніфікованого переліку критичних і проривних технологій.

Запропоновано дефініцію критичних і проривних технологій в оборонній сфері, а також новий концептуальний підхід щодо їх структурування.

Опрацьовано методику формування переліку критичних і проривних технологій на основі нечіткої логіки. Визначено математично обґрунтовані межі ідентифікації технології як критичної або проривної.

Ключові слова: проривні технології, критичні технології, технологічний форсайт

ВСТУП

Аналіз технологічних тенденцій, наведений у звіті «Science & Technology Trends 2020-2040» Організації НАТО з науки та технологій (далі - STO) [1], є важливим етапом формування стратегічних пріоритетів у сфері розвитку озброєння не тільки для країн НАТО, а й для країн-партнерів. Проведений аналіз дозволяє виявити перспективні у військовому відношенні технології та визначити їх потенційний вплив на оборонні спроможності.

Варто зазначити, що STO вже не перший рік пропонує нове бачення найважливіших перспективних технологій – «Emerging and Disruptive technologies», що в перекладі означає виникаючі та проривні технології. На відміну від критичних технологій (далі – КТ), перелік яких кожна країна визначає для себе особисто, проривні технології (далі – ПТ) є більш широким поняттям загальносвітового масштабу, як результат досягнень світової науки.

ПТ, за своєю суттю, прогнозовано матимуть революційний вплив на технологічну сферу та кардинально змінять ринок. Своєчасне виявлення проривних технологій та подальший їх розвиток забезпечить відповідним країнам не просто економічний зиск, а й передові позиції у технологічній сфері.

Оскільки розрив між розвиненими країнами та країнами «третього світу» перманентно збільшується, в певний момент виникне нездоланна прірва, з якої вибратись буде практично неможливо, а такі країни опиняться в колі аутсайдерів. Світ знову стає біполярним, але не за показником приналежності до суспільно-політичного устрою країни, а за її технологічним рівнем. В найближчому майбутньому матиме місце досить примітивне розшарування на розвинені країни та їх сировинні придатки.

Настання четвертої промислової революції, досить швидка зміна технологічних укладів та стрімкий розвиток інформаційних технологій формують зміни й у військово-технологічній сфері та певним чином диктують інтелектуальну та цифрову її природу. У широкому геополітичному контексті характер військового конфлікту досить швидко змінюється, трансформуючи технологічне середовище як важливий фактор військової могутності.

Безумовно, Україна має перейняти передову світову практику щодо виявлення та цільового розвитку ПТ. Не слід розпорошувати й без того незначні ресурси на розвиток наукових напрацювань, що залишились у спадок від СРСР. Варто визначити найважливіші науково-технологічні напрями, які прогнозовано матимуть проривний ефект. Чим скоріше розпочнеться цей процес, тим менша вірогідність опинитись у прірві аутсайдерів.

Формування переліку проривних технологій для України є достатньо новим трендом технологічного форсайту, певно тому на даний час і не вирішується на державному рівні.

Авторами статті запропоновано новий концептуальний підхід до формування переліку ПТ в оборонній сфері України, в основу якого покладено визначення ніші для ПТ на вищому щаблі критичності технологій.

Актуальність роботи зумовлена тим, що сформований перелік ПТ матиме користь не лише для оборонно-промислового комплексу, а й слугуватиме значним індикатором для всієї науково-технологічної сфери країни.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Процес формування переліку КТ є досить обговорюваною темою, якій присвячена велика кількість наукових робіт, як українських, так і закордонних вчених [2-6]. Однак, визначення ПТ, зокрема в оборонній сфері, є новим сегментом наукових досліджень не тільки для України, а й для більшості країн світу. Зважаючи на це, були проаналізовані найбільш цитовані наукові публікації, в яких досліджуються сутність, підходи до формування переліків ПТ та власне технології певних галузей.

Так, в роботі [7] під проривними розуміються такі технології, які відкривають новий технологічний цикл інноваційного бізнесу, а їх призначення полягає не в розвитку існуючої технології, а в кардинальній зміні ринку.

У [8] описані ПТ для гірничодобувних підприємств. Визначено, що ПТ забезпечують створення нових компонентів обладнання та механізмів, їх технічне смарт-обслуговування, оптимізацію управління виробничими процесами, моніторинг стану здоров'я та якості безпеки. Це, зокрема, технології інтернету речей, діджиталізація, безпілотні пристрої, супутники на низькій навколосеземній орбіті, блокчейн.

У [9] описані основні напрями розвитку аграрного сектору, де зазначено, що технології діджиталізації є проривними для галузі. Розвиток і впровадження ПТ забезпечить швидку зміну характеру ведення агрогосподарства від людської праці до повністю автоматизованих систем.

У [10] визначена система оцінки індексів технологій, які можуть мати величезний вплив на космічну галузь. Очікується, що вони значно покращать ефективність космічної галузі, зменшать витрати на дослідження та призведуть до суттєвого поліпшення сучасного рівня космічних технологій.

Деякі науковці досить глобально підходять до питань ідентифікації ПТ. Так, у [11] проривними називаються такі супертехнології, які в короткий термін забезпечать якісний стрибок у прогресивному розвитку усіх сфер життєдіяльності суспільства та перехід до нового циклу еволюції.

У роботах [12-13] визначено, що для ідентифікації ПТ використовують статистичні методи, такі, як бібліометричний та патентний аналізи. Також описано власне бачення сутності ПТ. Так, основною ознакою ПТ визначена здатність ініціювати нові ринки та змінювати статус технологічної конкуренції.

У [14] описані процеси розвитку ПТ. Зазначено, що ПТ можуть розвиватися внаслідок злиття певних технологій або можуть бути результатом абсолютно нового технологічного дослідження. При цьому досить складно визначати вірогідність поєднання інколи дуже різноманітних технологій, необхідних для вирішення різноманітних цілей. Також визначено основну ознаку ПТ – це революційні зміни в процесі виробництва, які є наслідком впровадження ПТ. Схожа позиція описана і у статті [15], у висновку якої зазначено, що ПТ, швидше за все, будуть створені в результаті міждисциплінарних та інтегрованих базових досліджень.

Виходячи з проведеного аналізу, однозначного визначення ПТ прослідкувати не вдається, не має можливості й уніфікувати процес їх ідентифікації.

Метою даної роботи є визначення сутності ПТ, а також основних принципів формування переліку критичних і проривних технологій в оборонній сфері України (далі – КПТ).

ОСНОВНА ЧАСТИНА

У звіті STO «Науково-технологічні тренди 2020-2040» описані не характерні для нашої країни поняття, такі як проривні та виникаючі технології. Тому перед оглядом методології оцінки ПТ розглянемо їх дефініції.

Виникаючі або новітні технології (emerging technologies) – це ті технології або наукові відкриття, які очікувано досягнуть зрілості у період 2020-2040 рр., на сьогоднішній день вони широко не використовуються або їх вплив на оборонні спроможності Альянсу не зовсім зрозумілий.

Проривні технології (disruptive technologies) – це ті технології або наукові відкриття, які очікувано матимуть великий або навіть революційний вплив на оборонні спроможності Альянсу в період 2020-2040 рр.

Окремо виділяються конвергентні технології як комбінація кількох технологій для створення більш проривного ефекту.

Для оцінки важливості та перспективності ПТ розглядаються наступні критерії:

- 1) Потенційний військовий вплив;
- 2) Рівень уваги до технології чи наукової області;
- 3) Поточний рівень готовності технології;
- 4) Часовий горизонт зрілості технології;
- 5) Відповідність до вимог операційних спроможностей НАТО, визначених у процесі оборонного планування [16-17];
- 6) Сфери застосування технологій, як результату наукового дослідження.

Потенційний військовий вплив. Першим кроком оцінюється вірогідний вплив впровадження певної технології на зміну характеристик озброєння [1]. Більш детальний опис наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Потенційний військовий вплив

Показники	Межі зміни характеристик (швидкість, дальність, точність, летальність, живучість, надійність або інші характеристики, що визначають можливості технології)
	Помірний
Високий	50 - 100 %
Революційний	Більше 100%, або проведення заходів чи завдань досі вважалося недоцільним або неможливим

Рівень уваги до технології. Зазвичай розвиток технології є циклічним. Найвідомішим із таких є цикл Гартнера (рис. 1) [18-19]. Проте, варто сказати, що не всі технології прогресують від початку до кінця за таким циклом. Розвиток більшості технологій спрогнозувати не вдається. Багато технологічних відкриттів так ніколи і не прориваються до етапу зрілості технології. Після початкового етапу захопленості та «хайпу» вони зникають із суспільної свідомості як непродуктивні напрями розвитку або можуть з'явитися згодом як нові конвергентні розробки, що відроджують стару ідею.



Рис. 1. Цикл Гартнера [18-19]

Кожна технологія в підсумку має пройти через п'ять ключових фаз [20]:

- Тригер інновації. Проводяться початкові експерименти, що підтверджують наукові ідеї, та виникає перший суспільний інтерес до технології. Ця новина набирає все більшого розголосу, зростає пошукова активність в Інтернеті. Реального продукту не існує.
- Пік завищених очікувань. Оприлюднюються певні історії успіху, хоча найчастіше вони супроводжуються безліччю невдач. Інтерес до технології знаходиться на найвищому рівні, вживаються заходи щодо її дослідження і розвитку.
- Розчарування. Стають зрозумілими певні обмеження технології, а зусилля щодо її розвитку не дають корисних результатів. Загальний інтерес падає, а негативні історії частішають. Деякі дослідники призупиняють чи закривають програму досліджень.
- Просвітлення. Настає краще розуміння практичного застосування технології, потенціал стає більш зрозумілим. З'являються пілотні продукти, зростає позитивна увага, поширюється інформація щодо успішності деяких випробувань.
- Плато продуктивності. Визначається ніша на ринку, стають зрозумілими всі обмеження та недоліки, відзначається розуміння вартості та застосовності технології. Технологія стає добре інтегрованою в існуючий технологічний ландшафт, її використання стає звичним.

Технологічна зрілість. Загалом, успішна технологія проходить шлях розвитку, який можна також інтерпретувати як дев'ять рівнів готовності технології (Technology Readiness Levels – TRL). Перший рівень TRL1 характеризується лише визначенням основних

принципів, а на дев'ятому рівні TRL9 вже відбувається успішне використання технології [1].

Часовий горизонт зрілості технології. Це достатньо важливий показник оцінювання технологій, який визначає її зрілість [1]. Граничний строк зрілості оцінюється в ході різного роду форсайт-досліджень.

Вплив на спроможності. Кожна технологія оцінюється на предмет потенційного впливу на оперативні спроможності. Використовується 3-бальна шкала, що визначає низький, середній або високий вплив на продуктивність відповідної спроможності [1].

Сфери застосування наукових досліджень. У загальному випадку виділяються три оборонні сфери застосування наукових досягнень: біологічна, інформаційна та фізична. В цьому випадку також використовується 3-бальна шкала, що описує рівні потенційного застосування технологій у різних сферах [1].

Варто зазначити, що технології рідко створюють вплив ізольовано. Натомість, вони проявляють найбільш проривний ефект на межі фізичної, інформаційної чи біологічної областей або там, де технології пере-криваються або зближуються. Саме за таких умов і виникають конвергентні технології.

Якщо ж говорити про КТ в оборонній сфері України, то вони мають дещо іншу природу своєї ідентифікації. У [21] визначено, що КТ в оборонній сфері України – це стратегічно важлива для держави сукупність знань та виробничих операцій, готових виробів і матеріалів без застосування яких виготовлення, ремонт і обслуговування існуючих, а також створення новітніх зразків ОВТ не можливе.

Кожна країна, формуючи перелік КТ, спирається на специфіку власних цілей, потреб та можливостей. Наприклад, у США до переліку КТ (MCTL – The Military Critical Technologies List) відносять лише ті технології, які забезпечать суттєву перевагу в системах озброєння. Європейські ж країни в більшості випадків узагалі не виокремлюють КТ в оборонній сфері. Натомість вони формують загальні списки ключових для держави технологій, де враховуються як військові, так і цивільні технології, більшість з яких є технологіями подвійного призначення [6].

Спільним для всіх країн є те, що перелік КТ формується, виходячи з необхідності досягнення конкретних цілей в конкретній галузі чи країні загалом.

Базовими інструментами для виявлення КТ є методи прогнозних досліджень, в іноземній практиці більш відомі як форсайт (від англ. Foresight – передбачення, погляд у майбутнє). Основою технологічного форсайту зазвичай є використання комплексу методів експертних оцінок, зокрема – Делфі [22-24].

Існуючий перелік КТ в оборонній сфері України представляє собою 7 науково-технологічних напрямів (табл. 6). Кожен такий напрямок включає в себе конкретні технології та певні їх групи [25].

Критеріями визначення критичності технологій запропоновано визначити масштаб застосування, перспективність, науково-технічний потенціал, економічну доцільність, ефективність та часовий горизонт [21].

Розглянувши методологічні підходи до ідентифікації проривних, виникаючих чи критичних технологій, перейдемо до їх порівняльного аналізу з формуванням спільних та відмінних рис.

Спільні риси:

- і критичні, і проривні технології визначаються в ході форсайт-досліджень;

- критерії визначення ПТ і КТ досить тісно корелюються між собою.

Відмінні риси:

- КТ можуть бути, як вже існуючі, так і перспективні, а от проривні технології – це виключно технології майбутнього, які розробляються та мають перспективи розвитку;

- КТ визначаються для певної галузі або країни, а ПТ є загальносвітовим баченням розвитку науки й технологій;

- при формуванні переліку ПТ не враховується науково-технічний потенціал країни та окремих підприємств для розвитку певної технології, не приймається до уваги й економічна доцільність розвитку технологій;

- при формуванні переліку КТ не враховується рівень зрілості технології. Крім того, часовий горизонт зрілості технології іноді вважається другорядним критерієм і не завжди приймається до уваги.

Фахівці, які займаються методологічними питаннями формування переліку КТ в Україні, схильні до думки щодо розділення КТ на три групи: існуючі, новітні та перспективні з часовими горизонтами 0-5-20 років відповідно [26]. Проте, загальносвітова наукова парадигма досить стрімко змінюється, і вже сьогодні ми бачимо новітні підходи до визначення найважливіших та найперспективніших технологій. На передній план висуюються ПТ, які потенційно здатні створити революційний ефект у технологічній сфері [10-14].

Авторами статті запропоновано новий концептуальний підхід до структурування найбільш важливих для оборони держави технологій (рис. 2). Пропонується формувати не окремі переліки КТ та ПТ, а один технологічний список критичних і проривних технологій (КПТ), який включатиме стратегічно важливі, найперспективніші та революційні технології. Варто відмітити, що КПТ створюється з часовим горизонтом на 20 і більше років та має систематично уточнюватись.

Запропоноване трактування КПТ звучить наступним чином. КПТ – це стратегічно важлива для держави сукупність проривних ідей та науково-технологічних напрямів, інтелектуальних, виробничих та матеріальних надбань, без яких неможливе створення новітніх зразків ОВТ та які прогнозовано матимуть революційний вплив на оборонні спроможності України.

Структура КПТ представляє собою сукупність науково-технологічних напрямів, до складу яких входять окремі технології. В ході різного роду форсайтів кожна окрема технологія буде оцінена за шістьма визначеними критеріями.

Критерії оцінки критичності технологій, які наведені на рис. 2, були визначені шляхом інтегрування критеріїв оцінки ПТ, визначених у звіті STO [1], до критеріїв методики формування переліку КТ [21].

Для формування переліку КПТ пропонується використовувати модель прийняття рішення із застосуванням нечіткої логіки [27-31], на вхід якої подаються експертні оцінки за критеріями, а виходом є інтегральна оцінка критичності технологій (рис. 3). Застосування нечіткої логіки дозволяє отримати об'єктивний рівень критичності, зменшивши при цьому людський фактор у прийнятті рішення.

По суті, запропонована модель являє собою звичайну систему нечіткого висновку, тому в цій роботі не буде наведений детальний опис її функціонування.

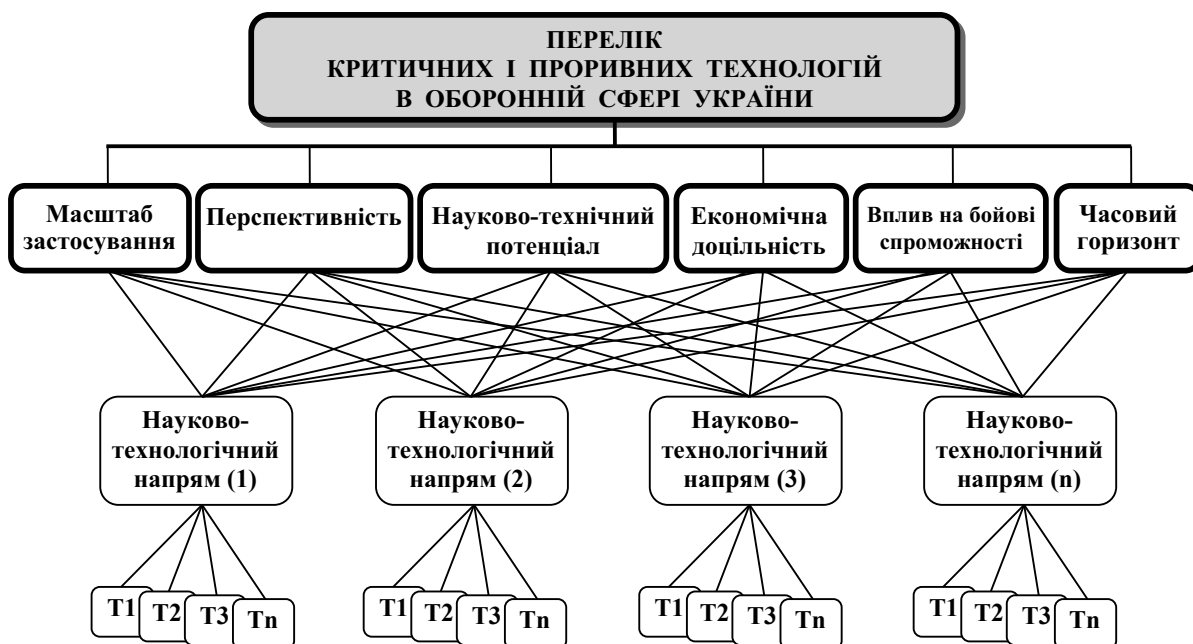


Рис. 2. Ієрархічна структура формування переліку критичних і проривних технологій

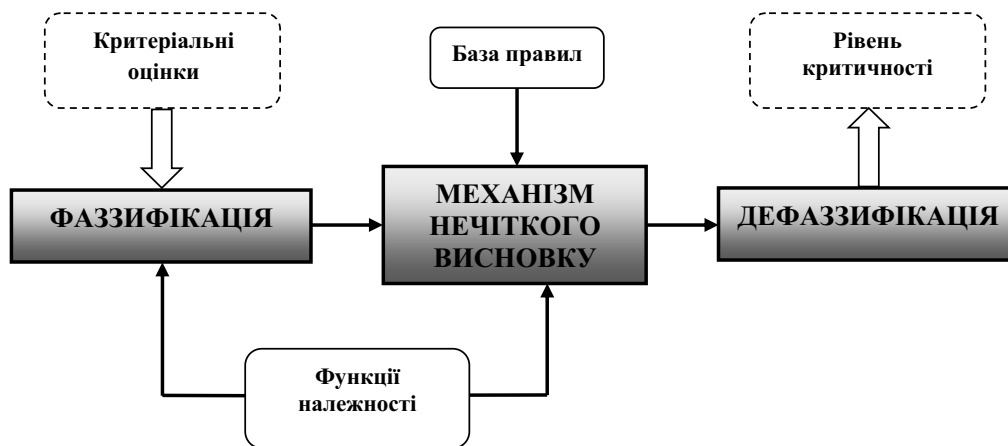


Рис. 3. Модель прийняття рішення на основі нечіткої логіки

Визначення належності оцінених технологій до критичних або проривних відбувається шляхом знаходження «переломних» точок функції рейтингового розподілу технологій. Так, на виході системи нечіткого висновку визначаються інтегральні оцінки критичності технологій, на основі яких проводиться ранжування. Розмістивши по осі абсцис технології в порядку зростання їх критичності, а по осі ординат оцінку критичності, можна отримати апроксимуючу функцію, що буде монотонно зростаючою. В ході неодноразових розрахунків автори статті дійшли висновку, що найбільш достовірною апроксимуючою функцією є поліном третього та вище степеня. Метод найменших квадратів, який буде застосований в цій роботі, є найбільш поширеним та ефективним для вирішення задач апроксимації [32-34]. Продиференціювавши апроксимуючу функцію, з'являється можливість отримати певні «переломні» точки, до чи після яких технологія вважатиметься критичною. Детальний опис наведений далі.

Як відомо, в околі точки, де похідна рівна одиниці, приріст функції та приріст аргументу рівні. Назва такої точки не є загальноприйнятим поняттям, тому авторами пропонується ввести термін «еквідистантна точка похідної» (від англ. «equidistant» - рівновіддалений) [35-36].

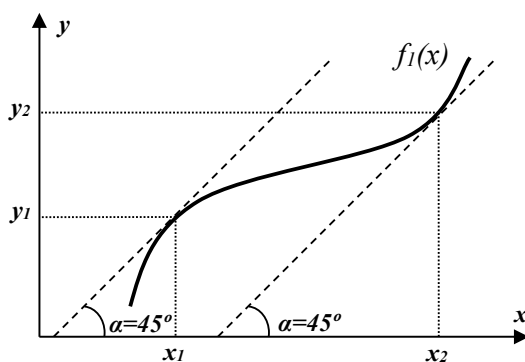
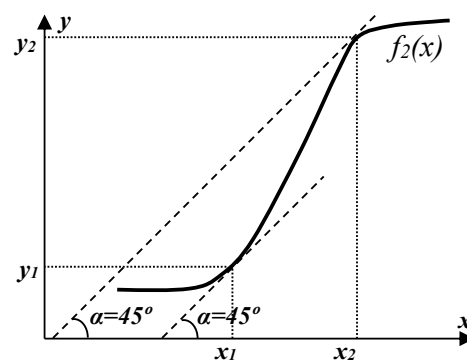
Якщо апроксимуюча функція буде представлена у вигляді полінома третього степеня, то еквідистантних

точок матимемо дві (функція похідної матиме другий степінь, тому розв'язання такого виразу матиме два значення). Зазначена функція може бути представлена двома варіантами, які зображені на рис. 4.

Як для випадку $f_1(x)$, так і для $f_2(x)$ маємо два інтервали зміни функції. Для $f_1(x)$ на проміжку $x < x_1$ та $x < x_2$ приріст функції зростає значно більше ніж приріст аргументу, на відміну від $x_1 < x < x_2$, де навпаки приріст функції зростає несуттєво, у порівнянні з аргументом. Для $f_2(x)$ ситуація зворотна, на проміжку $x < x_1$ та $x < x_2$ приріст функції зростає значно менше ніж приріст аргументу, а на проміжку $x_1 < x < x_2$ приріст функції зростає значно більше ніж зростання аргументу. Тобто, яка б не була апроксимуюча функція, характер її зміни завжди матиме такі інтервали.

Технології, які розміщені до першої еквідистантної точки, пропонується вважати некритичними. Технології, оцінка критичності яких перевищує значення в другій еквідистантній точці, пропонується визначити як проривні. Решта технологій, що є у середньому інтервалі, вважатимуться критичними.

Для наочності та кращого розуміння розглянемо приклад з умовними оцінками. Припустимо, що в результаті оцінювання технологій за науково-технологічним напрямом «Штучний інтелект» на виході системи нечіткого висновку отримані наступні інтегральні оцінки:

Рис. 4 а. Апроксимуюча функція $f_1(x)$ Рис. 4 б. Апроксимуюча функція $f_2(x)$

Таблиця 2

**Інтегральні оцінки критичності технологій
за науково-технологічним напрямом «Штучний інтелект»**

№	Назва технології	Оцінка критичності
1.	Передові та генетичні алгоритми	10
2.	Технології розпізнавання	9
3.	Обробка великих обсягів даних	5
4.	Обробка сигналів	5
5.	Людино-машинний інтерфейс	3
6.	Інтегровані людино-машинні сили	2
7.	Об'єднання машин без участі людини	3
8.	Багатовимірні ситуаційна обізнаність	1
9.	Планування та управління в умовах невизначеності	9
10.	Прийняття рішень	9
11.	Автономна поведінка	2
12.	Кластери та рої	8
13.	Нейронні мережі	10
14.	Машинне навчання	8
15.	Хмарні сервіси	1

Далі розміщуємо технології в порядку зростання їх критичності:

Таблиця 3

Оцінки технологій в порядку зростання їх критичності

Реальний номер технології	8	15	6	11	5	7	3	4	12	14	2	9	10	1	13
Номер технології в порядку зростання критичності	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Оцінка критичності	1	1	2	2	3	3	5	5	8	8	9	9	9	10	10

Відповідно до табличних даних (табл. 3) будемо графік зростання критичності технологій та проводимо апроксимацію до поліноміальної функції третього степеня (рис. 5).

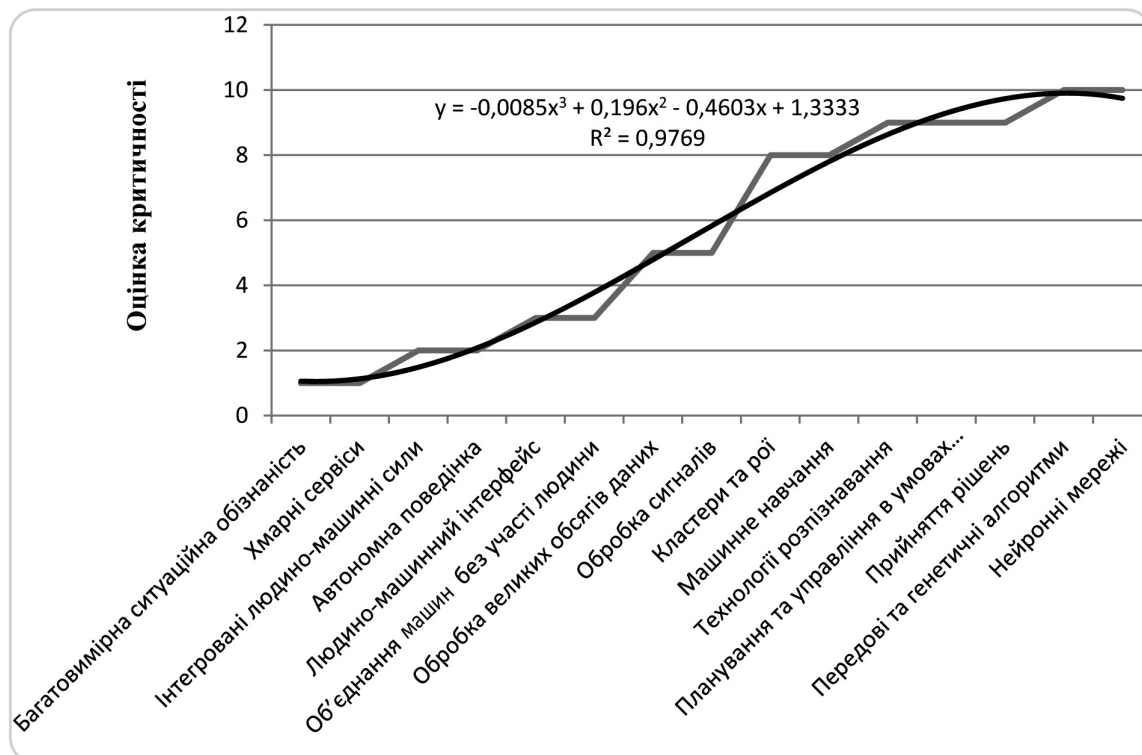


Рис. 5. Апроксимуюча функція зростання критичності технологій

В цьому випадку апроксимуюча функція та її похідна мають вигляд:

$$y = -0.008x^3 + 0.196x^2 - 0.46x + 1.333. \quad (1)$$

$$y' = -0.032x^2 + 0.392x - 0.46. \quad (2)$$

Розв'язавши квадратичне рівняння (2), отримаємо два значення $x_1 = 1,3$; $x_2 = 10,9$, підставивши які у рівняння (1) знаходимо дві еквідистантні точки $y_1 = 1,05$; $y_2 = 9,28$, які слугуватимуть пороговим рівнем для віднесення технології до критичної чи проривної.

Таким чином, некритичними визначені технології, інтегральна оцінка яких менше за 1,05. Проривними – ті, інтегральна оцінка яких вище за 9,28. Решта технологій – критичні.

У табл. 4 наочно показано сформований перелік КПТ з розглянутого вище прикладу.

У запропонованому умовному варіанті дві технології (багатомірні ситуаційна обізнаність та хмарні сервіси) визначені як некритичні та не включені до переліку КПТ. Відмітимо, що оцінки критичності технологій, які використовувались при формуванні КПТ, не є реальним результатом технологічного форсайту, тому не можуть бути використані за межами цієї статті.

ВИСНОВКИ

Визначення найважливіших науково-технологічних напрямів та окремих технологій безумовно має бути пріоритетом воєнно-технічної та оборонно-промислової політики України. Запропонований у статті новий концептуальний підхід щодо формування переліку КПТ дозволяє більш якісно акцентувати увагу на найбільш перспективних технологіях, які прогнозовано матимуть проривний ефект. Крім того, об'єднання двох окремих переліків КТ та ПТ в один список дозволяє зменшити навантаження у проведенні технологічного форсайту.

Для формування переліку КПТ запропоновано використовувати модель прийняття рішення із застосуванням нечіткої логіки, що дозволяє отримати об'єктивну оцінку критичності, зменшивши при цьому людський фактор у прийнятті рішення.

Також у статті запропоновано застосовувати математично обґрунтований пороговий рівень критичності технологій, який базується на знаходженні так званих еквідистантних точок похідної від апроксимуючої функції розподілу технологій в порядку зростання їх критичності.

Дана робота може бути використана, як базис для розроблення вдосконаленої методики формування переліку КПТ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Reding, D.F. & Eaton, J. Science & Technology Trends 2020-2040. 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.
2. Паладченко О.Ф., Молчанова І.В. Сучасні підходи і методи проведення прогностичних досліджень: світовий досвід і можливість його використання в Україні. Наука, технології, інновації. 2018. № 2. С. 23—32.
3. Romanowski, M., & Nadolny, K. Technological Foresight – characterisation of research methods used in prospective analysis. J. of Mechanical and Energy Engineering. 2018. № 2. Pp. 101—108. URL: <https://doi.org/10.30464/jmee.2018.2.2.101>.
4. Gibson, E., Daim, T., Garces, E. & Dabic, M. (2018). Technology foresight: a bibliometric analysis to identify leading and emerging methods. Foresight and STI governance. № 1. Pp. 6—24. URL: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.1.6.24>.

Таблиця 4

Перелік критичних і проривних технологій

№	Назва технології	Оцінка критичності
ПРОРИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ		
1	Передові та генетичні алгоритми	10
13	Нейронні мережі	10
КРИТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ		
10	Прийняття рішень	9
9	Планування та управління в умовах невизначеності	9
2	Технології розпізнавання	9
14	Машинне навчання	8
12	Кластери та рої	8
4	Обробка сигналів	5
3	Обробка великих обсягів даних	5
7	Об'єднання машин без участі людини	3
5	Людино-машинний інтерфейс	3
11	Автономна поведінка	2
6	Інтегровані людино-машинні сили	2

5. Bühring, J. & Liedtka, J. (2018). Embracing systematic futures thinking at the intersection of Strategic Planning, Foresight and Design. *J. of Innovation Management*. № 3. Pp. 134—152. URL: https://doi.org/10.24840/2183-0606_006.003_0006.
6. Купчин А., Сотник В. Критичні технології в оборонній сфері. Новий погляд. Озброєння та військова техніка. 2019. № 2. С. 35—42. URL: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.2\(22\).35-41](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.2(22).35-41).
7. Андреева Т. С., Гетьман О. О. Напрями розвитку організації в контексті технологічних змін. Вісн. економіки транспорту і промисловості. 2020. №69. С. 59—75. URL: <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i69.200549>.
8. Иванов С.В., Чекина В.Д. Развитие горнодобывающей промышленности в условиях индустрии 4.0: новые вызовы и возможности. *Экономика промышленности*. 2020. №1 (89). С. 45—74. URL: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.045>.
9. Бандурин В.В., Верник П.А., Коршук В.А. Анализ научных проблем цифрового выращивания продукции сельского хозяйства. Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: тр. 3-й Межд. конф. (6-7 февраля 2020 г.). М. С. 132—140. URL: <https://doi.org/10.20948/future-2020-11>.
10. Luan Enjie, Sun Zongtan, Li Hui & Jia Ping. (2017). Prospects for the Promotion and Application of Defense Disruptive Technology in Developing the Space Industry. *Strategic Study of Chinese Academy of Engineering*. Vol. 19. Iss. 5. Pp. 74—78. URL: <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2017.05.013>.
11. Потехин Н.А., Потехин В.Н. Научно-технологические основы новой общественно-экономической формации - инновационного типа воспроизводства. *Вопросы управления*. 2020. № 2 (63). С. 24—38. DOI: 10.22394/2304-3369-2020-2-24-38
12. Munan Li, Alan L. Porter, & Arho Suominen. (2018). Insights into relationships between disruptive technology/innovation and emerging technology: a bibliometric perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 129. Pp. 285—296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.032>.
13. Yu Cheng, Lucheng Huang, Ronnie Ramlogan, & Xin Li. Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological areas: Elaborating the SIRS epidemic model in RFID technology. *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 117. Pp. 170—183. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.003>.
14. Ronald N. Kostoff, Robert Boylan & Gene R. Simons. Disruptive technology roadmaps. *Technological Forecasting and Social Change*. 2004. Vol. 71. Iss. 1—2. Pp. 141—159. URL: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00048-9](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00048-9).
15. Zheng, L., Hui, L., Ting, X. & Cao, R. (2017). New Strategic Thinking Required in Promoting Innovation of Disruptive Technology. *Portland Intern. Conf. on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland, OR. Pp. 1—5. URL: <https://doi.org/10.23919/PICMET.2017.8125296>.
16. Slyusar, V. & Hamaliy, N. (2017). New model of NATO defence planning process, NDPP. *V Inter.Scienc. and Prac. Conf. "Coordination problems of military technical and deensive industrial policy in Ukraine. Weapons and military equipment development perspectives"*. October 11—12. К. Pp. 38—39.
17. Слюсар В.І., Кулагін К.К. Особливості процесу оборонного планування НАТО. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. № 3(36). С. 47—59. DOI: 10.30748/nitps.2019.36.06.
18. Chen, X. & Han, T. Disruptive Technology Forecasting based on Gartner Hype Cycle. *IEEE Technology & Engineering Management Conf. (TEMSCON)*, Atlanta, GA, USA. 2019. Pp. 1—6. URL: <https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813649>.
19. Dedehayir, Ozgur & Steinert, Martin. The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*. 2016. Vol. 108. Pp. 28—41. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.005>.
20. Daniel E. O'Leary. (2008). Gartner's hype cycle and information system research issues. *Intern. J. of Accounting Information Systems*. Vol. 9, Iss. 4. Pp. 240—252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2008.09.001>.
21. Сотник В.В., Расстригин О.О., Купчин А.В. Методика відбору критичних технологій. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2020. № 1 (37). С. 67—76. URL: <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-37-1-67-76>.
22. Calof, J., Meissner, D. & Vishnevskiy, K. Corporate foresight for strategic innovation management: the case of a Russian service company. *Foresight*. 2020. Vol. 22 No. 1. Pp. 14—36. URL: <https://doi.org/10.1108/FS-02-2019-0011>.
23. Wonglimpiyarat, J. Technology foresight: creating the future of Thailand's industries. *Foresight*. 2006. Vol. 8 No. 4. Pp. 23—33. URL: <https://doi.org/10.1108/14636680610682012>.
24. Kovářiková, L., Grosová, S. & Baran, D. (2017). Critical factors impacting the adoption of foresight by companies. *Foresight*. Vol. 19 No. 6. Pp. 541—558. URL: <https://doi.org/10.1108/FS-02-2017-0009>.
25. Розпорядження Кабінету Міністрів України №600-р від 30.08.2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/600-2017-p> (дата звернення: 21.08.2020).
26. Довгополий А.С., Сотник В.В., Томчук В.В.

- Пріоритетний розвиток критичних технологій – запорука зміцнення обороноздатності та економічного зростання держави. озброєння та військова техніка. 2019. № 1. С. 16—17. URL: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1\(21\).15-21](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.1(21).15-21).
27. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком. 2007. 288 с.
 28. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург. 2005. 736 с.
 29. Zhang, Y., & Ye, Z. Short-Term Traf. Pp. 102—112. URL: <https://doi.org/10.1080/15472450802262281>.
 30. Xi, Li & Byung-Jae, Choi. (2013). Design of Obstacle Avoidance System for Mobile Robot using Fuzzy Logic Systems. Intern. J. of Smart Home. № 7(3). Pp. 321—328.
 31. Kiran, T.R., & Rajput, S.P.S. (2011). An effectiveness model for an indirect evaporative cooling (IEC) system: Comparison of artificial neural networks (ANN), adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and fuzzy inference system (FIS) approach. Applied Soft Computing. № 11(4). Pp. 3525—3533. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.01.025>.
 32. Mosayebidorcheh, S., Tahavori, M.A., Mosayebidorcheh, T. & Ganji, D.D. (2017). Analysis of Nano-bioconvection Flow Containing Both Nanoparticles and Gyrotactic Microorganisms in a Horizontal Channel using Modified Least Square Method (MLSM). J. of Molecular Liquids. № 227. Pp. 356—365. URL: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.12.039>.
 33. Dehghan, M. & Mohammadi, V. (2017). Error analysis of method of lines (MOL) via generalized interpolating moving least squares (GIMLS) approximation. J. of Computational and Applied Mathematics. № 321. Pp. 540—554. URL: <http://doi.org/10.1016/j.cam.2017.03.006>.
 34. Bota, Constantin & Căruntu, Bogdan. (2017). Analytical approximate solutions for quadratic Riccati differential equation of fractional order using the Polynomial Least Squares Method. Chaos, Solitons & Fractals. № 102. Pp. 339—345. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.05.002>.
 35. Huybrechs, Daan. Stable high-order quadrature rules with equidistant points. J. of Computational and Applied Mathematics. 2009. № 231(2). Pp. 933—947. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2009.05.018>.
 36. Žlepalo, M.K., & Jurkin, E. (2018). Equidistant Sets of Conic and Line. Proc. of the 18th Intern. Conf. on Geometry and Graphics. Pp. 277—289. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_22.
 1. Reding, D.F. & Eaton, J. Science & Technology Trends 2020-2040. 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.
 2. Paladchenko, O.F. & Molchanova, I.V. (2018), “Suchasni pidkhody i metody provedennia prohnosnykh doslidzhen: svitovyi dosvid i mozhlyvist yoho vykorystannia v Ukraini” [Modern approaches and methods of forecasting research: world experience and the possibility of its use in Ukraine], Science, technology, innovation. No. 2. Pp. 23—32.
 3. Romanowski, M., & Nadolny, K. Technological Foresight – characterisation of research methods used in prospective analysis. J. of Mechanical and Energy Engineering. 2018. № 2. Pp. 101—108. URL: <https://doi.org/10.30464/jmee.2018.2.2.101>.
 4. Gibson, E., Daim, T., Garces, E. & Dabic, M. (2018). Technology foresight: a bibliometric analysis to identify leading and emerging methods. Foresight and STI governance. № 1. Pp. 6—24. URL: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.1.6.24>.
 5. Bühring, J. & Liedtka, J. (2018). Embracing systematic futures thinking at the intersection of Strategic Planning, Foresight and Design. J. of Innovation Management. № 3. Pp. 134—152. URL: https://doi.org/10.24840/2183-0606_006.003_0006.
 6. Kupchyn, A. & Sotnyk, V. (2019), “Krytychni tekhnolohii v oboronni sferi. Novyy pohlyad” [Critical technologies in the defense sphere. A new look], Weapons and military equipment. No. 2. Pp. 35—42. [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.2\(22\).35-41](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2019.2(22).35-41).
 7. Andreeva, T.E. & Hetman, O.O. (2020), “Napryamy rozvytku orhanizatsii v konteksti tekhnolohichnykh zmin” [Directions of development of the organization in the context of technological changes], Bull. of Transport Economics and Industry. No. 69. Pp. 59—75. <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i69.200549>.
 8. Ivanov, S.V. & Chekina, V.D. (2020), “Rozvytok hirnychodobuvnoi promyslovosti v umovakh industrii 4.0: novi vyklyky ta mozhlyvosti” [Development of the mining industry in the conditions of industry 4.0: new challenges and opportunities], Industrial economics. No. 1 (89). Pp. 45—74. <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.045>.
 9. Bandurin, V.V., Wernik, P.A. & Korshuk, V.A. (2020), “Analiz nauchnykh problem tsifrovogo vyrashchivaniia produktsii selskogo khoziaystva. Proyektirovanie budushchego” [Analysis of scientific problems of digital cultivation of agricultural products. Designing the future], Problems of digital reality: proc. of the 3rd Intern. conf. Pp. 132—140. <https://doi.org/10.20948/future-2020-11>.
 10. Luan Enjie, Sun Zongtan, Li Hui & Jia Ping. (2017). Prospects for the Promotion and Application of Defense Disruptive Technology in Developing the Space Industry. Strategic Study of Chinese Academy of Engineering. Vol. 19. Iss. 5. Pp. 74—78. URL: <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2017.05.013>.
 11. Potekhin, N.A. & Potekhin, V.N. (2020), “Nauchno-tekhnologicheskie osnovy novoy obschestvenno-ekonomicheskoi formatsii – innovatsionnogo tipa vosproizvodstva” [Scientific and technological

REFERENCES

- foundations of a new socio-economic formation - an innovative type of reproduction], *Management issues*. No.2 (63). Pp. 24—38. DOI: 10.22394/2304-3369-2020-2-24-38.
12. Munan Li, Alan L. Porter, & Arho Suominen. (2018). Insights into relationships between disruptive technology/innovation and emerging technology: a bibliometric perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 129. Pp. 285—296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.032>.
 13. Yu Cheng, Lucheng Huang, Ronnie Ramlogan, & Xin Li. Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological areas: Elaborating the SIRS epidemic model in RFID technology. *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 117. Pp. 170—183. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.003>.
 14. Ronald N. Kostoff, Robert Boylan & Gene R. Simons. Disruptive technology roadmaps. *Technological Forecasting and Social Change*. 2004. Vol. 71. Iss. 1—2. Pp. 141—159. URL: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00048-9](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00048-9).
 15. Zheng, L., Hui, L., Ting, X. & Cao, R. (2017). New Strategic Thinking Required in Promoting Innovation of Disruptive Technology. *Portland Intern. Conf. on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland, OR. Pp. 1—5. URL: <https://doi.org/10.23919/PICMET.2017.8125296>.
 16. Slyusar, V. & Hamaliy, N. (2017). New model of NATO defence planning process, NDPP. V International Scientific and Practical Conference “Coordination problems of military technical and deensive industrial policy in Ukraine. Weapons and military equipment development perspectives”. October 11—12. K. Pp. 38—39.
 17. Slyusar, V. & Kulagin, K. (2019), “Osoblyvosti protsesu oboronnoho planuvannia NATO” [Features of the NATO defense planning process], *Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*. No. 3(36). Pp. 47—59. DOI: 10.30748/nitps.2019.36.06.
 18. Chen, X. & Han, T. Disruptive Technology Forecasting based on Gartner Hype Cycle. *IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)*, Atlanta, GA, USA. 2019. Pp. 1—6. URL: <https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813649>.
 19. Dedehayir, Ozgur & Steinert, Martin. The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*. 2016. Vol. 108. Pp. 28—41. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.005>.
 20. Daniel E. O'Leary. (2008). Gartner's hype cycle and information system research issues. *Intern. J. of Accounting Information Systems*. Vol. 9, Iss. 4. Pp. 240—252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2008.09.001>.
 21. Sotnik, V.V., Rasstrigin, O.O. & Kupchyn, A.V. (2020), “Metodyka vidboru krytychnykh tekhnolohii” [Method of selection of critical technologies], *Modern information technologies in the field of security and defense*. No. 1 (37). Pp. 67—76. <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-37-1-67-76>.
 22. Calof, J., Meissner, D. & Vishnevskiy, K. Corporate foresight for strategic innovation management: the case of a Russian service company. *Foresight*. 2020. Vol. 22 No. 1. Pp. 14—36. URL: <https://doi.org/10.1108/FS-02-2019-0011>.
 23. Wonglimpiyarat, J. Technology foresight: creating the future of Thailand's industries. *Foresight*. 2006. Vol. 8 No. 4. Pp. 23—33. URL: <https://doi.org/10.1108/14636680610682012>.
 24. Kovářiková, L., Grosová, S. & Baran, D. (2017). Critical factors impacting the adoption of foresight by companies. *Foresight*. Vol. 19 No. 6. Pp. 541—558. URL: <https://doi.org/10.1108/FS-02-2017-0009>.
 25. The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. (2019). No. 600-p vid 30.08.2017, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/600-2017-p> (accessed 21 August 2020).
 26. Dovgopoliy, A.S., Sotnik, V.V. & Tomchuk, V.V. (2019), “Priorityetnyi rozvytok krytychnykh tekhnolohiy – zaporuka zmitsnennia oboronozdatnosti ta ekonomichnoho zrostantia derzhavy” [Priority development of critical technologies is a guarantee of strengthening the state's defense capabilities and economic growth], *Weapons and military equipment*. No. 1. Pp. 16—17. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.1\(21\).15-21](https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.1(21).15-21).
 27. Shtovba, S.D. (2007), “Proyektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB” [Designing Fuzzy Systems Using MATLAB], M.: Hot line - Telecom. 288 p.
 28. Leonenkov, A.V. (2005), “Nechetkoye modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH” [Fuzzy modeling in MATLAB environment and fuzzyTECH], SPb.: BHV-Petersburg. 736 p.
 29. Zhang, Y., & Ye, Z. Short-Term Traf. Pp. 102—112. URL: <https://doi.org/10.1080/15472450802262281>.
 30. Xi, Li & Byung-Jae, Choi. (2013). Design of Obstacle Avoidance System for Mobile Robot using Fuzzy Logic Systems. *Intern. J. of Smart Home*. № 7(3). Pp. 321—328.
 31. Kiran, T.R., & Rajput, S.P.S. (2011). An effectiveness model for an indirect evaporative cooling (IEC) system: Comparison of artificial neural networks (ANN), adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and fuzzy inference system (FIS) approach. *Applied Soft Computing*. № 11(4). Pp. 3525—3533. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.01.025>.
 32. Mosayebidorcheh, S., Tahavori, M.A., Mosayebidorcheh, T. & Ganji, D.D. (2017). Analysis of Nano-bioconvection Flow Containing Both Nanoparticles and Gyrotactic Microorganisms in a Horizontal Channel using Modified Least Square Method (MLSM). *J. of Molecular Liquids*. № 227. Pp. 356—365. URL: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.12.039>.
 33. Dehghan, M. & Mohammadi, V. (2017). Error analysis of method of lines (MOL) via generalized interpolating

- moving least squares (GIMLS) approximation. *J. of Computational and Applied Mathematics*. № 321. Pp. 540—554. URL: <http://doi.org/10.1016/j.cam.2017.03.006>.
34. Bota, Constantin & Căruntu, Bogdan. (2017). Analytical approximate solutions for quadratic Riccati differential equation of fractional order using the Polynomial Least Squares Method. *Chaos, Solitons & Fractals*. № 102. Pp. 339—345. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.05.002>.
35. Huybrechs, Daan. Stable high-order quadrature rules with equidistant points. *J. of Computational and Applied Mathematics*. 2009. № 231(2). Pp. 933—947. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2009.05.018>.
36. Žlepalo, M.K., & Jurkin, E. (2018). Equidistant Sets of Conic and Line. *Proc. of the 18th Intern. Conf. on Geometry and Graphics*. Pp. 277—289. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_22.

Slyusar V., Sotnyk V., Kupchyn A., Shostak V.

DISRUPTIVE TECHNOLOGIES IN THE DEFENSE SPHERE OF UKRAINE

The main purpose for writing the article is to form the interest of Ukraine's scientific community in identifying disruptive technologies as an essential tool for increasing technological independence and national security.

The beginning of the article describes the results of the analysis of the report «Science & Technology Trends 2020-2040» by NATO Science & Technology Organization. The main features by which a certain technology can be defined as disruptive are identified. First of all, this is a potential revolutionary effect from the technology, which will provide a radical change in the technological landscape of a particular industry or create a new demand. The urgency and urgent need for Ukraine to adopt such a world practice is described.

The paper describes NATO's experience in identifying emerging and disruptive defense technologies. The system of evaluation of the importance and prospects of technologies according to six criteria is also shown. Next, a comparative analysis was conducted with the method of forming the critical technologies list in the defense sector of Ukraine.

Common and distinctive features of critical and disruptive technologies are identified. The relevance and necessity of creating a unified list of critical and disruptive technologies for the defense sector of Ukraine are substantiated. A single concept of critical and disruptive technologies in the defense sphere has been developed and proposed.

A new conceptual approach to their structuring has also been developed and described. A new method of forming a critical and disruptive technologies list, based on fuzzy logic, has been developed. In this case, the input variables are proposed to be criterion estimates of technologies criticality, and the output variable - the level of criticality.

The process of defining mathematically justified limits of technology identification as critical or disruptive is described in detail.

For clarity an example of determining the critical and disruptive technologies list using conditional estimates is considered.

Key words: disruptive technologies, critical technologies, technology foresight

Відомості про авторів:

Слюсар Вадим Іванович,

Головний науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2912-3149>
e-mail: swadim@ukr.net

Information about the authors:

Vadym Slyusar,

Chief of principal research fellows group of the Central scientific research institute of armaments and military equipment of armed forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2912-3149>
e-mail: swadim@ukr.net

Сотник Владислав Віталійович,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник начальника Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна
<https://orsid.org/0000-0003-1094-6257>
e-mail: Sotvladislav@gmail.com

Vladyslav Sotnyk,

Candidate of technical sciences, Senior researcher, Deputy Chief of the Central scientific research institute of armaments and military equipment of armed forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orsid.org/0000-0003-1094-6257>
e-mail: Sotvladislav@gmail.com

Купчин Артем Валерійович,

ад'юнкт Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна
<https://orsid.org/0000-0003-2013-691X>
e-mail: kupchyn.artem@ukr.net

Artem Kupchyn,

PhD student of the Central scientific research institute of armaments and military equipment of armed forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orsid.org/0000-0003-2013-691X>
e-mail: kupchyn.artem@ukr.net

Шостак Владислав Григорович,

в. о. директора Департаменту військово-технічної політики МОУ, м. Київ, Україна

Vladyslav Shostak,

acting director of Military-technical policy department MDU, Kyiv, Ukraine

Стаття надійшла до редколегії 21.10.20.