

Т. В. ПИСАРЕНКО, канд. техн. наук, заст. директора

Т. К. КВАША, заввідділу

КРИТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ: РЕЗУЛЬТАТИ ФОРСАЙТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ В УКРАЇНІ У 2021 РОЦІ

Резюме. Визначення та реалізація новітніх критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки дасть змогу створити передумови для подальшого розвитку висококонкурентних технологічних напрямів, а також забезпечить розробку і впровадження сучасних зразків військової техніки, надасть можливість модернізувати наявне озброєння та поліпшити його тактико-технічні характеристики. Саме тому робота з визначення критичних технологій в означеній сфері є важливою для України, результатом якої і присвячена ця стаття. Мета полягає в тому, щоб оновити перелік критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки на виконання розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600 методом форсайтних досліджень за сімома тематичними напрямками. Методологія форсайтного дослідження є комплексною і охоплює три методи: два етапи опитувань експертів (науковців, які давали пропозиції, та підприємців, які оцінювали ці пропозиції з точки зору важливості та можливості реалізації запропонованих бізнесом технологій); наукометричний і патентний аналіз для оцінювання актуальності пропозицій експертів-науковців з точки зору тенденцій розвитку світової науки та новітніх технологій — 3-й етап; оцінювання пропозицій експертів-науковців з точки зору можливостей наявного потенціалу української науки здійснити запропоновані дослідження — 4-й етап. За кожним із означених чотирьох етапів пропозиції отримувала оцінку, які потім зводилися в інтегральну оцінку. За цією оцінкою запропоновані технології ранжувалися в розрізі відповідних тематичних напрямів і розбивалися на три кластери. Найкращі кластери пропонувалися в ролі критичних технологій. Методи оцінювання – це методи системного аналізу, аналітики інтелектуальної власності, ранговий, кластерний. На підставі результатів дослідження Міністерством освіти і науки України підготовлено проєкт оновленого переліку з 24-х критичних технологій за п'ятьма тематичними напрямками, який 23 лютого 2022 р. затверджений Кабінетом Міністрів України. Подальша робота має охоплювати результати моніторингу реалізації затверджених технологій у сфері озброєння і військової техніки та визначення точності прогнозу.

Ключові слова: короткостроковий прогноз, військові технології, експертні опитування.

ВСТУП

У 2021 р. закінчився термін дії переліку критичних технологій, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600 “Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки”. На виконання п. 3 Плану заходів щодо забезпечення державної підтримки розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки, затвердженого зазначеним розпорядженням, необхідно було актуалізувати Перелік критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки з урахуванням нових технологій, які створюють передумови для подальшого розвитку висококонкурентних технологічних напрямів, що забезпечить розробку і впровадження технологій, що є необхідними для зростання конкурентоспроможності економіки та розвитку оборонно-промислового комплексу України.

Український інститут науково-технічної експертизи та інформації (УкрІНТЕІ) здійснив вказану актуалізацію у межах науково-дослідної роботи “Прогнозування науково-технологічного розвитку економіки та сфери національної безпеки методом форсайтних досліджень”, результати якої наведені у цій статті.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розробникам і виробникам продуктів потрібні технологічні прогнози, щоб знати, куди інвестувати фінансові ресурси для розроблення продукції чи планувати нові виробничі потреби. Постачальники послуг використовують технологічні прогнози для визначення нового обладнання, яке потрібно закупити чи відкласти закупівлю, оскільки з'явиться технологія наступного покоління. Уряди використовують такі прогнози для оптимізації та розподілу ресурсів, зокрема з підтримки наукових досліджень і розробок.

Причини, з яких технологічні прогнози є цінними для військового командування, не відрізняються від причин важливості цих прогнозів для цивільного бізнесу: військова організація за допомогою технологічних прогнозів визначає, які зусилля щодо закупівель необхідно здійснити, щоб оптимізувати вартість майбутньої продукції або профінансувати дослідження/впровадження новітніх технологій.

Окрім цього, у воєнній сфері такі технології спрямовані на розширення здатності сил і засобів діяти в оперативній обстановці, що швидко змінюється. Визначення та реалізація новітніх критичних технологій дасть змогу створити передумови для подальшого розвитку висококонкурентних технологічних напрямів, а також забезпечить розробку та впровадження сучасних зразків військової техніки, модернізувати наявне озброєння і поліпшити його тактико-технічні характеристики.

Тому робота з визначення критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки є важливою для України, результатам якої і присвячена ця стаття.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАНИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження з прогнозування технологічного розвитку сфери озброєння та військової техніки в науковій літературі представлені досить обмежено. Для прогнозування технологічного розвитку означеної сфери застосовують ті самі методи, що й для технологічного прогнозування розвитку інших сфер або всієї економіки.

Так, Р. Поппер [1] розглянув і класифікував 33 методи, а Дж. Гленн і Т. Гордон [2] — 36 методів. Деякі з них є досить поширеними (наприклад, бібліометрія, аналіз контенту), а деякі — навпаки (наприклад, створення прототипів наукової фантастики, причинно-пошаровий аналіз). Зокрема Р. Поппер класифікував методи форсайтних досліджень за трьома групами: експертні та партисипативні; кількісні та якісні; засновані на фактичних даних або на творчості та уяві.

Приклади методології форсайтних досліджень, що застосовуються для передбачень військових і безпекових технологій, стосуються опитувань експертів, побудови сценаріїв, бібліометричного, патентного аналізу тощо.

Так, Н. Ванатта і Б. Джонсон [3] представили нову методологію передбачення для дослідження майбутнього військово-стратегічного мислення — методологію загроз (Threatcasting). Чотириетапна методологія використовує системний підхід. Перший етап — це фаза синтезу дослідження з використанням методу Делфі. За ним слідує фаза прогнозування, яка вико-

ристовує елементи побудови сценаріїв і прототипування наукової фантастики. Третій етап — це фаза визначення альтернативних дій, який генерує декілька ретроспективних прогнозів. Останній етап прогнозування загроз складається з аналізу даних, технічної документації та розроблення висновків як про майбутні загрози, так і про дії, які необхідно вжити.

У праці [4] для визначення й аналізу глобальних політичних і соціальних тенденцій, які вплинуть на глобальну безпеку в період 2030–2045 рр., застосовувалися методи стратегічного аналізу й аналізу різноманітних документів відповідної тематики з офіційних джерел, академічних публікацій, міжнародних аналітичних центрів. Такий аналіз систематизує інформацію, генерує знання, що спрямовані на прийняття рішень у державних органах [5; 6].

Зокрема А. Кескінен [7] представив методологію дослідження майбутнього для створення альтернативних образів інформаційних воєн, яка використовує комплексний HIF-аналіз (Hindsight / Insight / Foresight або ретроспективний аналіз / розуміння / передбачення), визначення сенсу та слабких сигналів майбутнього (FSSF).

У статті [8] представлено метод стратегічного передбачення Міністерства оборони Угорщини для визначення потенційних загроз і можливостей на період 2015–2030 років. Ця стаття вводить триетапний метод форсайту. Перший крок використовує систему передбачення Дж. Вороса (“інтелектуального або розумного майбутнього” у контексті діяльності зі збору інформації про майбутнє та проведення “аналізу майбутнього” шляхом його сканування та аналізу інформації з широкого кола джерел), другий крок використовує методи Р. Поппера, а третій — оцінює першопричини проблем, які виникли у форсайт-дослідженні.

Інша частина праць з прогнозування присвячена дослідженням щодо точності технологічних прогнозів [9–11]. Більшість із них зосереджена на прогнозах із горизонтом 3–5 років; оцінки точності довгострокових прогнозів майже не використовуються. Так, А. Фірат та ін. [12] повідомляють про те, що оцінка точності для горизонту 15 чи більше років стає важкою, а її корисність — більш проблематичною.

Зокрема С. Файе зі співавторами [9] виявили, що технологічні прогнози на найближчу перспективу (горизонт 1–5 років) і середньострокові (6–10 років) були успішними приблизно на 38–39 %, а довгострокові (11 років і довше) — лише на 14 %. Ці автори дослідили також успішність різних методів прогнозу та виявили, що кількісні методи виробляють

найточніші прогнози — з точністю до 64 %, а комплексні — до 50 %. Проте прогнози, отримані з використанням експертних методів, мали найвищі показники реалізації, тобто експерти найкраще прогнозують, чи відбудеться подія, тоді як кількісні методи найкраще передбачають, коли відбудеться подія.

Точність прогнозів щодо військових технологій є вищою, якщо оцінювалися їх тенденції розвитку. За цим показником 89 % прогнозних тверджень є правильними в тому розумінні, що вони прогнозували перспективні напрями досліджень і розробок (ДіР). Деякі категорії технологій демонстрували набагато вищу точність прогнозу ніж інші. Зокрема це стосується “інформаційних” (тобто кібер- та електронна війна, зондування та збір інформації, командування та контроль) і “фізичних” (тобто ефекти прямої видимості, ефекти без прямої видимості, а також захист і платформи) технологій [13].

Дослідження А. Kott та Р. Perconti [13] дає опис методологій, які придатні для оцінки точності прогнозів, а також подає рекомендації щодо методологічних підходів, які вони визнали ефективними. До таких відносяться насамперед комбінації прогнозів або методів прогнозування, а не прогноз від одного автора чи здійснений одним методом.

В окремих статтях наведено результати прогнозування розвитку військових технологій. Наприклад, у статті [14] надано короткий опис технологій захисту куполів високошвидкісних керованих ракет; елементів п'єзоелектричного управління керованих твердих боєприпасів тощо. У працях [15; 16] наведено результати форсайтних досліджень щодо безпілотних літальних апаратів. У наукових доробках [17–20] здійснено емпіричний аналіз потоку знань, що містяться у патентах з військової тематики, а також визначено рівень поширення цих знань на інші запатентовані технології; надано структуру дворівневого мережевого аналізу для кількісного оцінювання впливу технології безпілотника на різні галузі. Здійснено аналіз технологій командного управління. Окрім того, вивчено тенденції та значення японських технологій оборонної промисловості з 1971 до 2008 року.

Серед українських науковців питання розвитку і прогнозування військових технологій підіймалося у працях Г. Андрощука [21; 22], Т. Кваші, Т. Писаренко та ін. [23–27], В. Ковалю, О. Коршеця, С. Котляра, О. Кузнецової [28], М. Бугери [29], які: розглядали проблемні питання трансферу технологій в оборонно-промислому комплексі України; визначали особливості світового ринку озброєння та військової техніки; окреслювали місце України в

глобальному експорті зброї; визначали методи науково-технічного прогнозу розвитку озброєння та військової техніки на основі аналізу патентів і науково-технічної інформації; здійснювали прогнозування розвитку захисних пристроїв динамічного типу озброєння та військової техніки, зокрема броньованої техніки; здійснювали огляд технологічних тенденцій у військовій сфері різних країн тощо. Однак питання визначення переліку критичних технологій для сфери озброєння та військової техніки методом форсайтних досліджень раніше не розглядалося.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дослідження з оновлення переліку критичних технологій здійснено Українським інститутом науково-технічної експертизи та інформації (УкрІНТЕІ) на виконання розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600 у межах науково-дослідної роботи “Прогнозування науково-технологічного розвитку економіки та сфери національної безпеки методом форсайтних досліджень”.

Розроблена виконавцями цієї роботи методологія форсайтного дослідження є комплексною, включає три методи і передбачає шість етапів:

1-й етап — інформаційно-аналітичне забезпечення експертів щодо глобальних технологічних трендів у сфері озброєння та військової техніки, яке здійснювалося на основі скринінгу публікацій і прогнозів міжнародних консалтингових організацій, наукових установ, які проводять дослідження в означеній сфері, урядів іноземних країн тощо;

2-й етап — анкетування експертів-науковців шляхом онлайн-опитування. Цей етап охоплював розроблення анкети для опитування експертів, оброблення відповідей експертів і формування паспортів пропонованих технологій для передачі експертам-практикам, оцінювання наданих експертами пропозицій із використанням підходів системного аналізу, кластеризація пропозицій за отриманими ними оцінками;

3-й етап — оцінювання пропозицій науковців експертами-практиками для визначення тих із них, які підтримуються бізнесом та органами влади, з використанням рангового методу. Пропонувалося обрати та оцінити 20 кращих технологій з розподілом місць від 1 до 20;

4-й етап — оцінювання актуальності пропозицій експертів-науковців із точки зору тенденцій розвитку світової науки та новітніх технологій на основі наукометричного та патентного аналізів із застосуванням міжнародних баз: наукових публікацій — Web of Science; патентних публікацій та заявок — Derwent Innovation;

5-й етап — оцінювання пропозицій експертів-науковців з точки зору можливостей і наявного потенціалу української науки здійснити запропоновані дослідження з використанням бази даних ДіР і захищених дисертацій, яка створена в УкрІНТЕІ та постійно актуалізується згідно з Порядком державної реєстрації та обліку відкритих ДіР і дисертацій;

6-й етап — зведення чотирьох оцінок кожної пропозиції в одну — інтегральну. Кластеризація технологій за отриманими ними інтегральними оцінками у три кластери, підготовка проекту переліку актуалізованих критичних технологій.

У процесі форсайтного дослідження було залучено 170 експертів, проведено приблизно 100 консультацій.

Визначення думок і бачення наукової спільноти (1-й етап) проводилося шляхом анкетування, за підсумками якого отримано 248 пропозицій від 125 експертів-науковців із 74 організацій.

Опитування експертів здійснювалося за 12-ма тематичними напрямками озброєння та військової техніки, які визначено відповідно до Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України (Указ Президента України від 20 серпня 2021 р. № 372/2021):

- 1) гіперзвукова зброя;
- 2) надчутливі прилади позиціонування і навігації нового покоління, систем ехолокації у водному середовищі;
- 3) конструкційні матеріали нового покоління;
- 4) альтернативні джерела енергії;
- 5) автоматизовані системи управління, інтеграція різних систем озброєнь в єдину ме-

режу розвідки, цілевказання та вогневого ураження;

- б) високоточні засоби ураження сухопутного, повітряного та морського базування;
- 7) техніка радіоелектронної боротьби;
- 8) техніка технічних видів розвідки;
- 9) робототехніка та безпілотні платформи різного призначення;
- 10) кібербезпека;
- 11) авіаційно-космічна техніка та критичні комплектувальні вироби до неї;
- 12) інше (було прохання означити назву напряму розвитку озброєння та військової техніки).

На підставі аналізу результатів опитування експертів-науковців кількість тематичних напрямів зменшено до семи:

- I. Технології створення засобів ураження та захисту від них
- II. Інформаційні технології
- III. Матеріали нового покоління та вироби з них
- IV. Альтернативні джерела енергії
- V. Техніка радіоелектронної боротьби та розвідки
- VI. Надчутливі прилади позиціонування і навігації нового покоління, систем ехолокації у водному середовищі
- VII. Авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї.

Найбільше пропозицій отримано за III напрямом — “Матеріали нового покоління та вироби з них” (25,4 %), найменше — за IV напрямом “Альтернативні джерела енергії” (4 %) (табл. 1).

Таблиця 1

Результати опитувань експертів щодо актуалізації переліку критичних технологій

№ напрямку, назва напрямку	Кількість експертів 1-го етапу	Кількість пропозицій	Кількість експертів 2-го етапу
I. Технології створення засобів ураження та захисту від них	43	60	16
II. Інформаційні технології	46	53	4
III. Матеріали нового покоління та вироби з них	44	63	8
IV. Альтернативні джерела енергії	10	10	3
V. Техніка радіоелектронної боротьби та розвідки	19	24	8
VI. Надчутливі прилади позиціонування і навігації нового покоління, систем ехолокації у водному середовищі	18	19	3
VII. Авіаційно-космічна техніка і критичні комплектувальні вироби до неї	16	29	15
Всього	125	248	45

Джерело: складено авторами за результатами роботи.

На основі аналізу пропозицій науковців розроблялися паспорти технологій / розробок, які групувалися за тематичними напрямками і передавалися експертам-практикам для ознайомлення й оцінювання наукових пропозицій.

У 2-му етапі форсайтних досліджень взяли участь 45 експертів-практиків, які представили 31 підприємство.

Варто зауважити, що лише за напрямом (I) було надано найбільше пропозицій і виявлено найбільшу потребу підприємницького сектору в таких технологіях (**табл. 1**). Зацікавленість (хоч і меншу) у відповідних технологіях виявлено ще за трьома напрямками: (VII) авіаційно-космічна техніка, матеріали нового покоління (III) і техніка радіоелектронної боротьби і розвідки (V). Причому потреба в авіаційно-космічних технологіях перевищила пропозиції науковців із цієї тематики.

За трьома напрямками — (II) інформаційні технології; (IV) альтернативні джерела енергії; (VI) надчутливі прилади позиціонування і навігації нового покоління, систем ехолокації у водному середовищі — потреба підприємств у відповідних технологіях практично відсутня.

Хоча тематичний напрям (II) інформаційні технології практично не зацікавив підприємницький сектор, проте стрімкий прогрес у розвитку технологій автономної зброї, робототехніки, аналізу великих даних і систем підтримки прийняття рішень із використанням штучного інтелекту та глибинних нейронних мереж, які всі належать до ІКТ, може революціонізувати війну протягом наступних десятиліть. Тому цей напрям залишається в переліку критичних технологій.

Тематичний напрям — (IV) альтернативні джерела енергії, який до того ж отримав найменшу кількість пропозицій від експертів-науковців, — вилучається з переліку критичних технологій.

Два напрями критичних технологій — (V) техніка радіоелектронної боротьби та розвідки і (VI) надчутливі прилади позиціонування і навігації нового покоління, систем ехолокації у водному середовищі — об'єднано в один тематичний напрям — *техніка і технології радіоелектронної боротьби і розвідки, позиціонування і навігації* — як такі, що мають близькі за тематикою технології.

Після здійснення ще двох етапів форсайтної дослідження — аналізу потенціалу української науки й актуальності запропонованих технологій на світовому рівні — кожна пропозиція отримала ще дві оцінки, після чого розраховано узагальнену (інтегральну) оцінку від 0 до 2 та проведено кластеризацію всіх пропозицій за кожним тематичним напрямом окремо.

Технології / розробки, що увійшли до першого кластеру (з оцінкою 2) пропонувалися до включення в перелік критичних технологій. Технології 2-го кластеру (з оцінкою 1) виносилися на розгляд робочої групи — експертів вищого рівня [30], яка вирішувала, включати чи не включати їх до переліку критичних технологій. Технології 3-го кластеру беззаперечно не включалися до актуалізованого переліку.

ВИСНОВКИ

З огляду на те, що військові технології становлять значний сегмент економіки та суттєвий фактор у житті нації, дуже важливим є прогнозування таких технологій і створення послідовного, стандартизованого їх набору, необхідних для використання в Україні.

Відповідно до огляду світових публікацій, технологічне прогнозування є більш точним на короткостроковий період. Саме це здійснено при форсайтних дослідженнях переліку критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки для України — термін їхньої дії становить три роки.

Іншим висновком, який було зроблено в контексті огляду світових публікацій, є більша точність процесів передбачення в разі використання комбінованих методів, що й реалізовано в дослідженнях, описаних у цій статті. Методологією проведеного форсайту передбачено: використання трьох методів — двох етапів експертного опитування; наукометричний і патентний аналіз для визначення актуальності та конкурентоспроможності запропонованих технологій; аналіз потенціалу української науки із розроблення і впровадження запропонованих технологій. Таким чином, здійснене форсайтне дослідження відповідає світовим тенденціям щодо подібних досліджень.

Майбутня робота має включати створення системи безперервного прогнозування, моніторингу й оцінки ефективності критичних технологій.

Іншою важливою темою майбутньої роботи над методологією прогнозування є оцінювання неявних хибних негативів — технологій, які не передбачені, але з'являються на горизонті — у технологічних прогнозах. Нездатність передбачити появу нової технології є настільки ж серйозною проблемою, як і неправильний прогноз щодо пріоритетних перспективних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Popper R. Foresight methodology / J. Cassingena Harper, M. Keenan, I. Miles, and R. Popper // The handbook of technology foresight: Concepts and practices. eds. L. Georghiou. — UK : Edward Elgar, 2008. — P. 44–88.

2. Glenn J. C. Futures research methodology—Version 3.0. [Electronic resource] / Glenn J. C., and T. J. Gordon, eds. — Washington, DC: The Millennium Project. — Access: <http://www.millennium-project.org/millennium/FRM-V3.html#toc>.
3. Vanatta N. Threatcasting: a framework and process to model future operating environments [Electronic resource] / N. Vanatta and B. D. Johnson // *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. — 2019. — Vol. 16(1) — P. 79–88. — Access: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1548512918806385>.
4. Javier J. Political and social trends in the future of global security. A meta-study on official perspectives in Europe and North America / J. Javier // *European Journal of Futures Research*. — 2017. — No. 5. — P. 11. <https://doi.org/10.1007/s40309017-0120-x>.
5. Ogilvy J. Scenario planning and strategic forecasting [Electronic resource] / J. Ogilvy. — Stratfor, 2015. — Access: <https://worldview.stratfor.com/article/scenario-planningand-strategic-forecasting>.
6. Neumann I. B. International relations and policy planning: the method of Perspectivist scenario building / I. B. Neumann, E. F. Overland // *International Studies Perspectives*. — 2004. — No. 5. — P. 258–277. — URL: <https://doi.org/10.1111/j.1528-3577.2004.00173.x>.
7. Keskinen A. How to Grasp Emerging Futures of Information Wars? / A. Keskinen // *2010 Proceedings of the 9th European Conference on Information Warfare and Security*. — 2010. — P. 128–136.
8. Nemeth B. Understanding some pitfalls in the strategic foresight processes: The case of the Hungarian Ministry of Defense / B. Nemeth; N. Dew and M. Augier // *Futures*. — 2018. — No. 101. — P. 92–102.
9. Fye S. R. An examination of factors affecting accuracy in technology forecasts [Electronic resource] / S. R. Fye, S. M. Charbonneau, J. W. Hay, C. A. Mullins // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2013. — No. 80(6). — P. 1222–1231. — Access: <https://www.nhu.edu.tw/~lbhung/10401TMPapers/An%20examination%20of%20factors%20affecting%20accuracy.pdf>.
10. Albright R. E. What can past technology forecasts tell us about the future? / R. E. Albright // *Technol. Forecast. Soc. Chang.* — 2002. — No. 69 (5). — P. 443–464.
11. Ascher W. Problems of forecasting and technology assessment / W. Ascher // *Technol. Forecast. Soc. Chang.* — 1979. — № 13. — P. 149–156.
12. Firat A. K. Technological forecasting—a review / A. K. Firat, W. L. Woon, & S. Madnick. — Cambridge, MA: Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology. — 2008. — 21 p.
13. Kott A. Long-term forecasts of military technologies for a 20-30 year horizon: An empirical assessment of accuracy / A. Kott, P. Perconti // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2018. — 137. — P. 272–279.
14. Zhang K. Dome protecting technologies for overseas high-velocity guided missiles [Electronic resource] / K. Zhang; Chen Zhiguang; Zhao Yuyin // *Infrared and Laser Engineering*. — 2013. — Vol. 42 (1). — P. 154–158. — Access: <http://www.irla.cn/en/article/id/834>
15. Kratky M. Countering UAVs — the Mover of Research in Military Technology / M. Kratky, J. Farlik // *Defence Science Journal*. — 2018. — Vol. 68. — No. 5. — P. 460–466. <https://doi.org/10.14429/dsj.68.12442>.
16. Jordan J. The future of unmanned combat aerial vehicles: An analysis using the Three Horizons framework / J. Jordan // *FUTURES*. — 2021. — 134. — P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102848>.
17. Acosta M. Factors affecting the diffusion of patented military technology in the field of weapons and ammunition / M. Acosta, D. Coronado, R. Marin, P. Prats // *SCIENTOMETRICS*. — 2013. — Vol. 94. — No. 1. — P. 1–22.
18. Kim D. H. Quantifying technology-industry spillover effects based on patent citation network analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) / D. H. Kim; B. K. Lee; S. Y. Sohn // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2016. — Vol. 105. — P. 140–157.
19. Cho Y.-S. The Representative Technology Field Analysis of Domestic Defense Companies in Communication — electronics based on Patent Information Data / Y.-S. Cho // *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*. — 2017. — Vol. 18, No. 4. — P. 446–458.
20. Kim J. A Study on Technological Performance of Japanese Defense Industry: Focused on Patents Application Activities of Japanese Defense Companies / J. Kim // *National Strategy*, 2015. — Vol. 21, No. 4. — P. 29–50.
21. Кваша Т. К. Патентний ландшафт як інструмент аналітики інтелектуальної власності (на прикладі аналізу сфери військових технологій) / Т. К. Кваша, Г. О. Андрощук // *Питання інтелектуальної власності*. — 2021. — Вип. 18. — 168 с. — С. 94–105.
22. Андрощук Г. О. Патентний ландшафт як інструмент прогнозування світових технологічних трендів: сфера озброєння та військової техніки / Г. О. Андрощук, Т. К. Кваша // *Наука, технології, інновації*. — 2019. — № 4 (12). — С. 28–40. — <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-4-04>
23. Кваша Т. К. Прогноз напрямів технологічного розвитку у сфері озброєння та військової техніки / Т. К. Кваша // *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції Інформація, аналіз, прогноз — стратегічні важелі ефективного державного управління*, м. Київ, 18 жовтня 2018 р. // *МОН України, УкрІНТЕІ*. — Київ : УкрІНТЕІ, 2018. — 306 с. — С. 113–126.
24. Писаренко Т. В. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: монографія / Т. Писаренко, Т. Кваша, Т. Гаврис та ін., за заг. редакцією Т. В. Писаренко. — Київ : УкрІНТЕІ, 2021. — 110 с.
25. Кваша Т. К. Формування пропозицій з оновлення критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки / Т. К. Кваша // *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції “Інформація, аналіз, прогноз — стратегічні важелі ефективного державного управління”* (Київ, 7 листопада 2019 р.). — 2019. — С. 128–133.
26. Кваша Т. К. Світові наукові та технологічні тренди у сфері забезпечення національної безпеки: наукова доповідь / Т. К. Кваша. — Київ : УкрІНТЕІ, 2019. — 99 с. — <http://doi.org/10.35668/978-966-479-109-7>.
27. Писаренко Т. Глобальні технологічні тренди у сфері озброєння та військової техніки / Т. Писаренко, Т. Кваша. — Київ : УкрІНТЕІ, 2020. — 88 с. — <http://doi.org/10.35668/978-966-479-117-2>.
28. Коваль В. В. До питання застосування методів науково-технічного прогнозу розвитку озброєння і військової техніки на основі аналізу патентної та науково-технічної інформації / В. В. Коваль, О. А. Корщець, С. О. Котляр, О. В. Кузнецова // *Збірник наукових праць Харківського*

університету Повітряних Сил, 2011. — Вип. 2(28). — С. 34–36.

29. Бугера М. Г. Метод морфологічного аналізу патентної інформації для побудови статистичної моделі прогнозу розвитку захисних пристроїв динамічного типу [Електронний ресурс] / М. Г. Бугера // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. — 2016. — № 4. — С. 75–79. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2016_4_16.
30. Про утворення робочої групи з актуалізації переліку критичних технологій [Електронний ресурс]: наказ Міністерства освіти і науки України від 08 липня 2021 р. № 784. — Режим доступу: Про утворення робочої групи з актуалізації переліку критичних технологій | Міністерство освіти і науки України (mon.gov.ua).

REFERENCES

1. Popper, R. (2008). Foresight methodology. In *The handbook of technology foresight: Concepts and practices*. eds. L. Georghiou, J. Cassingena Harper, M. Keenan, I. Miles, and R. Popper, 44–88. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
2. Glenn, J. C., & Gordon, T. J., eds. (2009). *Futures research methodology—Version 3.0* (CD-ROM). Washington, DC: The Millennium Project. Retrieved from: <http://www.millennium-project.org/millennium/FRM-V3.html#toc>
3. Vanatta, N., & Johnson, B. D. (2019). Threatcasting: a framework and process to model future operating environments. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. Vol. 16 (1), 79–88. Retrieved from: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1548512918806385>
4. Javier, J. (2017). Political and social trends in the future of global security. A meta-study on official perspectives in Europe and North America. *European Journal of Futures Research*, 5, 11. <https://doi.org/10.1007/s40309017-0120-x>
5. Ogilvy, J. (2015). *Scenario planning and strategic forecasting*. Stratfor. Retrieved from: <https://www.forbes.com/sites/stratfor/2015/01/08/scenario-planning-and-strategic-forecasting/?sh=7f5bdbd411a3>
6. Neumann, I. B., & Overland, E. F. (2004). International relations and policy planning: the method of Perspectivist scenario building. *International Studies Perspectives*, 5, 258–277. <https://doi.org/10.1111/j.1528-3577.2004.00173.x>.
7. Keskinen, A. (2010). How to Grasp Emerging Futures of Information Wars? *Proceedings of the 9th European Conference on Information Warfare and Security*, 128–136.
8. Nemeth, B; Dew, N., & Augier, M. (2018). Understanding some pitfalls in the strategic foresight processes: The case of the Hungarian Ministry of Defense. *FUTURES*, 101, 92–102.
9. Fye, S. R., Charbonneau, S. M., Hay, J. W., & Mullins, C. A. (2013). An examination of factors affecting accuracy in technology forecasts. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1222–1231. Retrieved from: <https://www.nhu.edu.tw/~lbhung/10401TMPapers/An%20examination%20of%20factors%20affecting%20accuracy.pdf>. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.10.026>
10. Albright, R. E. (2002). What can past technology forecasts tell us about the future? *Technological Forecasting and Social Change*, 69 (5), 443–464. [https://doi.org/10.1016/s0040-1625\(02\)00186-5](https://doi.org/10.1016/s0040-1625(02)00186-5)
11. Ascher, W. (1979). Problems of forecasting and technology assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, 13, 149–156. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(79\)90109-4](https://doi.org/10.1016/0040-1625(79)90109-4)
12. Firat, A. K., Woon, W. L., & Madnick, S. (2008). *Technological forecasting—a review*. Cambridge, MA: Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology.
13. Kott, A., & Perconti, P. (2018). Long-term forecasts of military technologies for a 20–30 year horizon: An empirical assessment of accuracy. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.001>
14. Zhang, Ke, Chen Zhiguang; & ZhaoYuyin (2013). Dome protecting technologies for overseas high-velocity guided missiles. *Infrared and Laser Engineering*. 42 (1), 154–158. Retrieved from: <http://www.irla.cn/en/article/id/834>.
15. Miroslav Kratky, & Jan Farlik (2018). Countering UAVs — the Mover of Research in Military Technology. *Defence Science Journal*, 68 (5), 460–466. <https://doi.org/10.14429/dsj.68.12442>
16. Jordan, J. (2021). The future of unmanned combat aerial vehicles: An analysis using the Three Horizons framework. *FUTURES*, 134, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102848>
17. Acosta, M., Coronado D., Marin R., & Prats P. (2013). Factors affecting the diffusion of patented military technology in the field of weapons and ammunition. *SCIENTOMETRICS*, 94 (1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0857-8>
18. Kim, D. H.; Lee, B. K.; & Sohn, S. Y. (2016). Quantifying technology-industry spillover effects based on patent citation network analysis of unmanned aerial vehicle (UAV). *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 105, 140–157. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.025>
19. Cho, Yu-Seup (2017). The Representative Technology Field Analysis of Domestic Defense Companies in Communication- electronics based on Patent Information Data. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 18 (4), 446–458.
20. Kim, Jinki (2015). A Study on Technological Performance of Japanese Defense Industry: Focused on Patents Application Activities of Japanese Defense Companies. *National Strategy*, 21 (4), 29–50. <https://doi.org/10.35390/sejong.21.4.201512.002>
21. Kvasha, T. K., & Androshchuk, G. O. (2021). Patentnyi landshaft yak instrument analityky intelektualnoi vlasnosti (na prykladi analizu sfery viiskovykh tekhnolohii) [Patent landscape as a tool for intellectual property analysis (on the example of analysis of military technology)]. *Pytannia intelektualnoi vlasnosti* [Issues of intellectual property], Ed. G. O. Androshchuk. Research Institute of Intellectual Property of National Academy of Legal Sciences of Ukraine, Interservice. 18, 94–105. [in Ukr.].
22. Androshchuk, G. O., & Kvasha, T. K. (2019). Patentnyi landshaft yak instrument prohnouzuvannia svitoviykh tekhnolohichnykh trendiv: sfera ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki [Patent landscape as a tool for forecasting world technological trends: arms and military equipment]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, Technologies, Innovations]. 4 (12). 28–40. <https://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-4-04> [in Ukr.].
23. Kvasha, T. K. (2018). Prohnoz napriamiv tekhnolohichnoho rozvytku u sferi ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki [Forecast of technological development directions in the field of armaments and military

- equipment]. *Informatsiia, analiz, prohnoz — stratehichni vazheli efektyvnoho derzhavnoho upravlinnia* [Information, analysis, forecast — strategic levers of effective public administration]: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Kyiv, 113–126. [in Ukr.].
24. Pysarenko, T. V., Kvasha, T. K., & Gavris, T. V. et al.; Pysarenko T. V. (Ed.) (2021). *Analiz svitovykh tekhnologichnykh trendiv u viiskovii sferi* [Analysis of world technological trends in the military sphere]. Kyiv, 110 p. [in Ukr.].
 25. Kvasha, T. K. (2019). *Formuvannia propozytsii z onovlennia krytychnykh tekhnologii u sferi ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki* [Formation of proposals for the renewal of critical technologies in the field of armaments and military equipment]. *Informatsiia, analiz, prohnoz — stratehichni vazheli efektyvnoho derzhavnoho upravlinnia* [Information, analysis, forecast — strategic levers of effective public administration]: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. 128–133. [in Ukr.].
 26. Kvasha, T. K. (2019). *Svitovi naukovy ta tekhnologichni trendy u sferi zabezpechennia natsionalnoi bezpeky: naukova dopovid* [World scientific and technological trends in the field of national security: a scientific report]. Kyiv, 99 p. <https://doi.org/10.35668/978-966-479-109-7>. [in Ukr.].
 27. Pysarenko, T. V., & Kvasha, T. K. (2020). *Hlobalni tekhnologichni trendy u sferi ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki* [Global technological trends in the field of armaments and military equipment]. Kyiv, 88 p. <https://doi.org/10.35668/978-966-479-117-2>. [in Ukr.].
 28. Koval, V. V., Korshets, O. A., Kotlyar, S. O., & Kuznetsova, O. V. (2011). *Do pytannia zastosuvannia metodiv naukovo-tekhnichnoho prohnozu rozvytku ozbroiennia i viiskovoi tekhniki na osnovi analizu patentnoi ta naukovo-tekhnichnoi informatsii* [On the application of scientific and technical forecasting methods of the armaments and military equipment development based on the analysis of patent and scientific and technical information]. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl* [Scientific works of Kharkiv National University of the Air Force]. 2(28), 34–36. [in Ukr.].
 29. Bugera, M. G. (2016). *Metod morfolohichnoho analizu patentnoi informatsii dlia pobudovy statystychnoi modeli prohnozu rozvytku zakhysnykh prystroiv dynamichnoho typu* [Method of morphological analysis of patent information for statistical model forecast construction of development of protective devices of dynamic type]. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl* [Scientific works of Kharkiv National University of the Air Force]. 4, 75–79. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2016_4_16 [in Ukr.].
 30. *Pro utvorennia robochoi hrupy z aktualizatsii pereliku krytychnykh tekhnologii* [About formation of working group on actualization of the list of critical technologies]. Order from 08.07.2021 No. 784. Retrieved from: Про утворення робочої групи з актуалізації переліку критичних технологій | Міністерство освіти і науки України (mon.gov.ua) [in Ukr.].

T. V. PYSARENKO, PhD in Engineering, Deputy Director

T. K. KVASHA, Head of the Department

CRITICAL TECHNOLOGIES: RESULTS OF A FORESIGHT STUDY IN UKRAINE IN 2021

Abstract. *The identification and implementation of new critical technologies in the field of weapons and military equipment will create prerequisites for the further development of highly competitive technological industries, as well as ensure the development and implementation of modern models of military equipment; will modernize existing weapons and improve their tactical and technical characteristics. Therefore, the work to identify critical technologies in this area is important for Ukraine, the results of which this article is devoted to. The goal is to update the list of critical technologies in the field of armaments and military equipment in pursuance of the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine from August 30, 2017 No 600 using foresight research in 7 thematic areas. The foresight research methodology is complex and includes 3 methods: two stages of expert surveys (scientists who made proposals; entrepreneurs who evaluated the proposals of scientists in terms of the importance and necessity for the business of the proposed technologies); scientometric and patent analysis to assess the relevance of the proposals of experts-scientists in terms of trends in world science and new technologies — 3rd stage; assessment of the proposals of expert scientists in terms of the possibilities and existing potential of Ukrainian science to carry out the proposed research — 4th stage. For each of the 4 stages presented, each proposal received 4 assessment, which were then reduced to an integral assessment. According to the integral assessment, all technologies for each thematic area were separately ranked and divided into three clusters. The best clusters were proposed as critical technologies. Assessment methods are methods of system analysis, intellectual property analytics, rank method, cluster analyse. Based on the results of the study, the Ministry of Education and Science has prepared a draft updated list of 24 critical technologies in 5 thematic areas, which was approved on February 23, 2022 by the Cabinet of Ministers of Ukraine. Subsequent work should include the results of a monitoring the implementation of approved technologies in the field of weapons and military equipment and determining the accuracy of the forecast.*

Keywords: *short-term forecast, military technologies, expert polls.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Писаренко Тетяна Василівна — канд. техн. наук, заступник директора, ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-00-14; pisarenko@uintel.kiev.ua; ORCID: 0000-0001-9806-2872

Кваша Тетяна Костянтинівна — заввідділу, ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 521-00-74; ntatyana@ukr.net; kvasha@uintel.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-1371-3531

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pysarenko T. V. — PhD in Engineering, Deputy Director of State Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Antonovycha Str., 180, Kyiv, Ukraine, 03680; +38 (096) 376-38-14; tvisarenko@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9806-2872

Kvasha T. K. — Head of the Department of State Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Antonovycha Str., 180, Kyiv, Ukraine, 03680; +38 (044) 521-00-74; ntatyana@ukr.net; kvasha@uinter.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-1371-3531



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2022-1-07>

УДК 118:330.3-021.51”20”

О. В. ПАРХОМЕНКО, канд. екон. наук, доц.

А. О. ПАРХОМЕНКО, студентка

Г. О. ПАРХОМЕНКО, студент

СИСТЕМНО-ТВОРЧА ОСНОВА БУТТЯ В ГАРМОНІЇ З ЗАКОНАМИ ПРИРОДИ

Резюме. У науковій літературі є чимало досліджень щодо наповнення змістом як у сфері системного розвитку, так і у сфері творчих можливостей людини, але поза увагою дослідників залишається проблема їх спільного впливу на розуміння системно-творчого принципу буття (реальності) у гармонії з законами природи, який можливо зарахувати до базового принципу соціально-економічного розвитку. На етапі впровадження економіки, що заснована на знаннях, залежність життя людини від законів природи збільшується. Закони природи є найвищою реальністю буття, що постає як цілісна система зі складною багаторівневою структурно-функціональною організацією і зорієнтована на системно-творчу взаємодію людини з навколишнім середовищем. Творча діяльність людини завжди спрямована на зміну свідомості щодо розуміння принципово нового процесу розвитку, який передбачає розробку відповідних принципово нових правил функціонування суспільства в усіх сферах його існування: виховання, освіти, управління, переосмислення значення людини тощо.

Ключові слова: людина, система, творчість, інформація, знання, енергія, інтелект, протиріччя, природа, закони, синергія.

ВСТУП

XXI століття — це століття нових можливостей для розвитку, століття глобального інформаційно-знанневого суспільства, яке характеризується розгортанням новітньої інформаційно-знанневої телекомунікаційної революції, проникненням знань у всі сфери суспільного життя, формуванням економіки, що заснована на знаннях. Знання є продуктом творчої праці людини шляхом збору, аналізу та синтезу інформації відповідно до визначеної мети. Знання стають основою державного та корпоративного управління, основою вдосконалення усіх сфер життєдіяльності людини.

Про це свідчить зміна економічної теорії К. Маркса, яка формувалася на ресурсах і фі-

зичній праці, на теорію П. Ромера [1; 2], у якій проголошено, що сучасний прогрес на 60 % базується на знаннях і лише 40 % залежить від ресурсів і фізичній праці.

Так, В. Вернадський, І. Шкловський, В. Казначеев та багато інших дослідників розглядали людину як активного учасника природних процесів. Зокрема В. Казначеев вважав, що сучасна наука дійшла розуміння, що наш світ і увесь вселенський простір — це не хаос, а організована матерія, яка має інформаційно-енергетичні характеристики [3, С. 66], які функціонують на єдиній основі. Ми також розглядаємо діяльність людини в гармонії з законами природи.

Оскільки базисом сучасного соціально-економічного розвитку стають знання, які є резуль-