

Міністерство освіти і науки України

ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»

**Писаренко Т., Кваша Т., Гаврис Т., Паладченко О.,  
Молчанова І., Шабранська Н., Осадча А., Кочеткова О.**

**АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ  
У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ**

**УДК 001.18; 002.513.5; 355/359 - 356.252.5**

**ISBN 978-966-479-127-1 (Online)**

**A-64**

**Автори:**

Писаренко Тетяна Василівна, заст. директора УкрІНТЕІ (загальна редакція)

Кваша Тетяна Костянтинівна, зав. відділу УкрІНТЕІ (розділи I, II, підрозділи 3.1, 3.2.2, 3.3.2, 3.4.2, 3.5.2, 3.6.2, висновки)

Гаврис Тетяна Володимирівна, зав. сектору УкрІНТЕІ (вступ, розділи I, II, підрозділи 3.4.1)

Паладченко Олена Федорівна, зав. сектору УкрІНТЕІ (підрозділ 3.3.1)

Молчанова Ірина Василівна, с.н.с. УкрІНТЕІ (підрозділ 3.3.1, Додаток Б)

Шабранська Наталія Ігорівна, с.н.с. УкрІНТЕІ (підрозділ 3.2.1, Додаток А)

Осадча Анастасія Борисівна, с.н.с. УкрІНТЕІ (підрозділ 3.4.1)

Кочеткова Олена Петрівна, зав. сектору УкрІНТЕІ (підрозділ 3.5.1)

Рекомендовано до друку вченою радою Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації МОН України (протокол №6 від 29.06.2021 р.)

**Рецензенти:**

**Луніна Інна Олександрівна**, доктор екон. наук, член-кор. НАН України, зав. відділу ДУ Інститут економіки та прогнозування НАН України

**Камишин Володимир Вікторович**, доктор пед. наук, канд. техн. наук, с. н. с., член-кор. Національної академії педагогічних наук України, лауреат Державної премії УРСР у галузі науки і техніки та Державної премії України у галузі освіти, директор Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації

**Пархоменко Володимир Дмитрович**, доктор тех. наук, член-кор. Національної академії педагогічних наук України, радник директора УкрІНТЕІ

**A-64 Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: монографія [Електронний ресурс] / Т. Писаренко, Т. Кваша, Т. Гаврис та ін., за заг. редакцією Т.В.Писаренко. – К.: УкрІНТЕІ, 2021. – 110 с.**

Викладено результати дослідження щодо глобальних технологічних та наукових трендів у військовій сфері на основі досліджень публікацій міжнародних консалтингових агентств, міжнародних військових альянсів, державних органів влади зарубіжних країн та аналізу світових публікацій і патентів у сфері озброєння та військової техніки.

Розраховано на представників органів державної влади, експертів, наукових працівників, інженерних кадрів, викладачів вищих навчальних закладів.

**УДК 001.18; 002.513.5; 355/359 - 356.252.5**

© МОН України, 2021

© УкрІНТЕІ, 2021

© Писаренко Т.В., Кваша Т.К., Гаврис Т.В., Паладченко О.Ф.,

Молчанова І.В., Шабранська Н.І., Осадча А.Б., Кочеткова О.П., 2021

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>4</b>
<b>I ОГЛЯД ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГЛОБАЛЬНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ СФЕРИ</b> .....	<b>5</b>
<b>II ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ НА ОСНОВІ ПУБЛІКАЦІЙ ЗАРУБІЖНИХ І МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ</b> .....	<b>15</b>
<b>III ПРОГНОЗ НАПРЯМІВ НАУКОВИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ НА ОСНОВІ БД WEB OF SCIENCE ТА DERWENT INNOVATIONS</b> .....	<b>32</b>
3.1 СФЕРА ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	32
3.1.1 Наукометричний аналіз.....	32
3.1.2 Патентний аналіз .....	37
3.2 СУХОПУТНІ ВІЙСЬКА.....	45
3.2.1 Наукометричний аналіз.....	45
3.2.2 Патентний аналіз.....	53
3.3 ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКІ СИЛИ.....	59
3.3.1 Наукометричний аналіз.....	59
3.3.2 Патентний аналіз.....	63
3.4 ВІЙСЬКОВО-ПОВІТРЯНІ ТА ВІЙСЬКОВО-КОСМІЧНІ ВІЙСЬКА.....	70
3.4.1 Наукометричний аналіз.....	70
3.4.2 Патентний аналіз .....	75
3.5 ВІЙСЬКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК .....	81
3.5.1 Наукометричний аналіз.....	81
3.5.2 Патентний аналіз .....	85
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>98</b>
ДОДАТОК А Кількість публікацій і цитувань у базі даних Web of Science за ключовими словами за тематикою “Сухопутні війська“ .....	99
ДОДАТОК Б Ключові словосполучення за кількістю публікацій і цитувань у базі даних Web of Science та динаміка їх темпів росту у світі за тематикою “Військово-морські сили“ за 2016-2021 рр.....	102
<b>СПИСОК ПОСИЛАНЬ</b> .....	<b>106</b>

## ВСТУП

Технологічна революція, що відбувається протягом останніх років, зумовлює кардинальні зміни в суспільстві: зароджуються нові культурні та економічні тенденції, нове виробництво, нові види соціальних комунікацій. Така сфера життя суспільства, як безпека та оборона, не могла залишитися поза впливом фактору розвитку новітніх технологій. Саме розвиток новітніх технологій, а також рівень знань про навколишній світ завжди йшли пліч-о-пліч з війною і безпосередньо впливали на її вигляд. Прискорення технічного прогресу ставило на службу війні все нові відкриття та винаходи.

Рівень захисту та безпеки громадян у перспективі, напругу пов'язаний з можливістю скласти прогноз на домінуючі технічні та технологічні тренди, оцінити їх вплив на майбутнє і на підставі цього розробити стратегію, яка дозволить перетворити виникаючі можливості на нові технології.

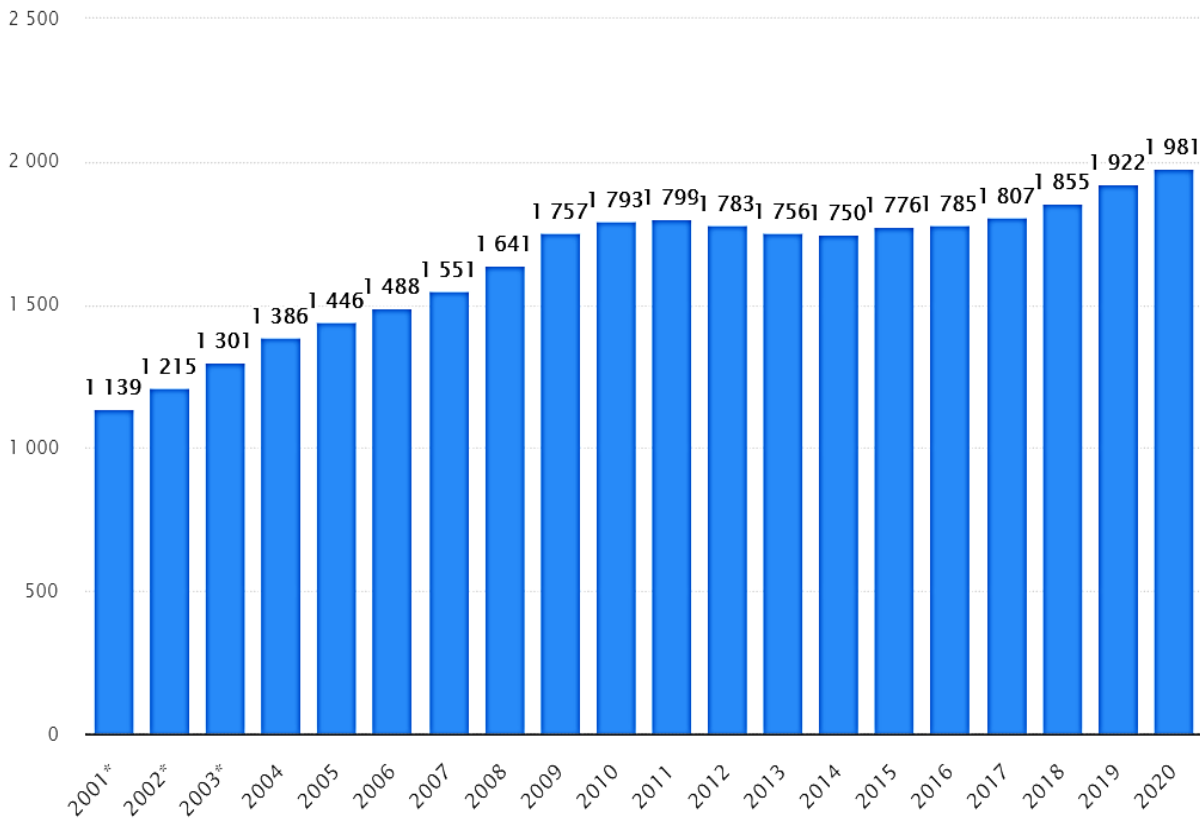
У воєнній сфері такі технології спрямовані на розширення здатності сил та засобів діяти в оперативній обстановці, що швидко змінюється. Військово-політичний блок НАТО, що об'єднує 30 країн-членів, приділяє велику увагу розробці і застосуванню передових технологій у сфері безпеки і оборони та прагне зберегти переваги в цій сфері шляхом застосування передових наукових знань, технологічних розробок та інновацій.

Сьогодні запровадження новітніх технологій у військовій сфері неможливо уявити без використання комп'ютерної та іншої телекомунікаційної техніки, технологій штучного інтелекту, військової та медичної робототехніки, квантових та космічних технологій, 3D-друку та біотехнологій. І хоча всі вони вже використовуються у військових галузях та у сферах безпеки, але потребують подальшого вивчення та вдосконалення.

Моніторинг інновацій і нових технологій у військовій сфері є важливим для розуміння не тільки майбутніх війн, але й глобальної безпеки. Дана робота є третьою щорічною публікацією УкрІНТЕІ щодо глобальних технологічних трендів у військовій сфері. Цей випуск включає короткий огляд глобальних технологічних трендів на основі аналізу публікацій зарубіжних консалтингових агентств та міжнародних організацій і результати власних напрацювань (на основі власної методики) щодо прогнозованих напрямів наукових і технологічних досліджень у військовій сфері на основі БД Web of Science та БД патентів Derwent Innovations. Результати моніторингу дають уявлення про майбутні глобальні технологічні тренди для окремих видів збройних сил, а також дозволяють виокремити основні, найбільш перспективні напрями розвитку та подальшого впровадження нових технологій для побудови сучасної системи ЗС України.

## І ОГЛЯД ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГЛОБАЛЬНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ СФЕРИ

Незважаючи на пандемію COVID-19, у 2020 р. країни світу продовжили нарощувати військові витрати, витративши на ці цілі рекордну суму – майже \$2 трлн, що на 2,6 % більше проти 2019 р. У період 2009–2016 рр. витрати стабілізувалися, а з 2017 р. почали зростати знову (рис.1.1).



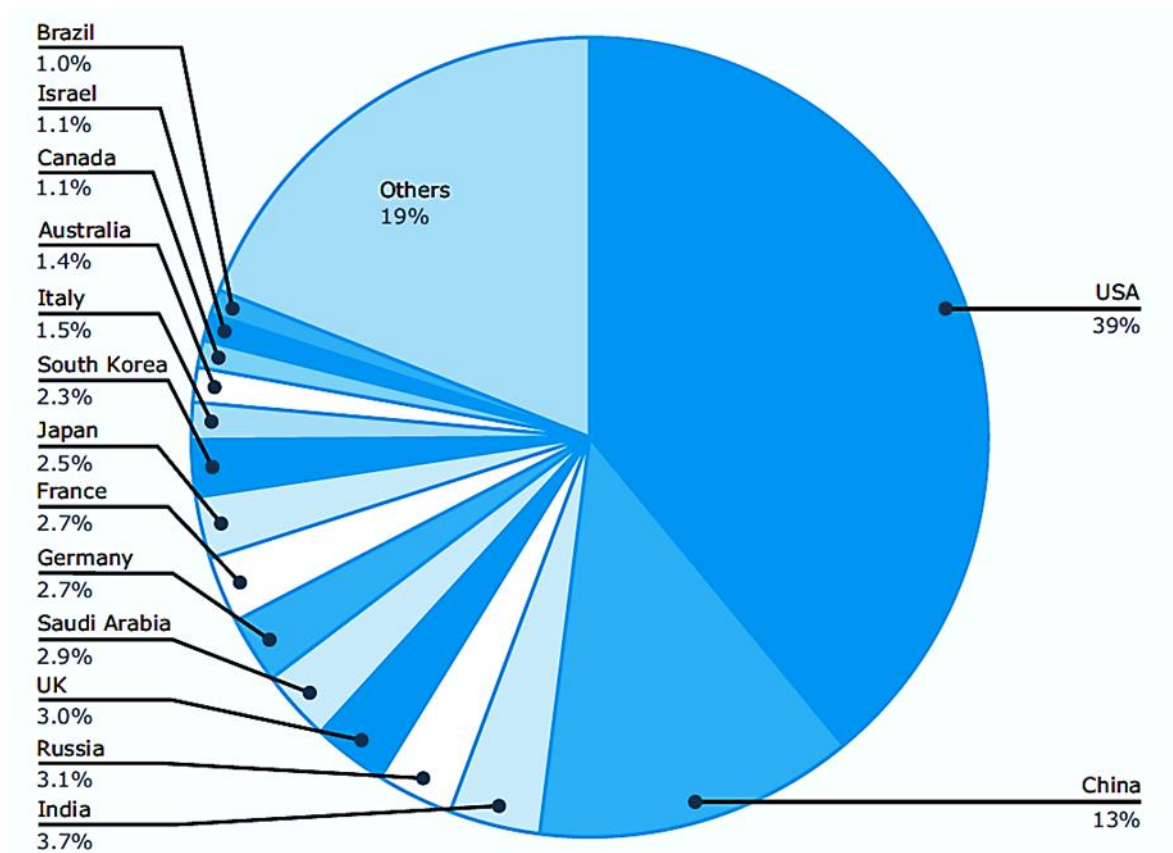
Джерело: Global military spending from 2001 to 2020 (in billion U.S. dollars). – Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/264434/trend-of-global-military-spending/>

**Рис. 1.1** Глобальні військові витрати протягом 2001–2020 рр., \$ млрд

До топ-5 рейтингу країн з найвищими військовими витратами у 2020 р. входять США, Китай, Індія, Росія і Велика Британія: на ці країни в цілому припадає 62 % усіх світових військових витрат.

Беззмінним лідером залишаються США. У 2020 р. витрати Пентагону на оборону зросли на 4,4 % проти 2019 р., досягнувши \$ 778 млрд, і склали 39 % загальносвітових витрат (рис. 1.2). Основні статті витрат американського військового бюджету – це великі інвестиції в галузі високих технологій і тривала програма модернізації армії, що стосується як звичайного, так і ядерного

озброєння. Велика частина бюджету присвячена департаментам військово-морського флоту і військово-повітряних сил [1].



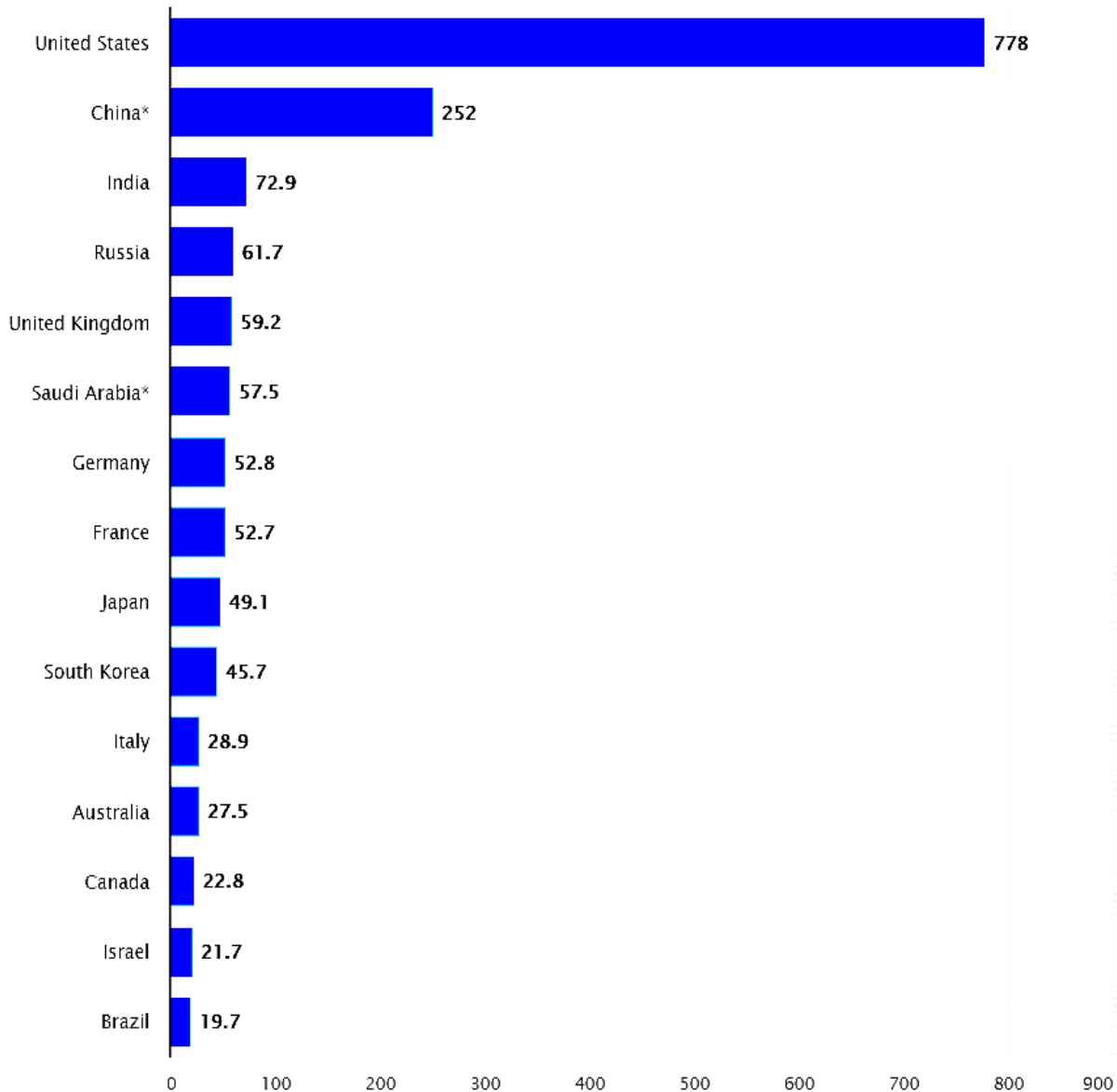
Джерело: Trends in World Military Expenditure, 2020 – Режим доступу: <https://www.sipri.org/publications/2021/sipri-fact-sheets/trends-world-military-expenditure-2020>

Рис. 1.2 Розподіл військових витрат у світі за країнами у 2020 р., %

Китай у загальному рейтингу посів друге місце із \$ 252 млрд, збільшивши витрати на 1,9 % проти 2019 р. та на 76 % – за період 2011–2020 рр. Витрати Китаю росли 26 років поспіль – це найтриваліший період безперервного зростання серед всіх країн у базі даних військових витрат SIPRI [2].

Третю позицію у рейтингу займає Індія. У 2020 р. військові витрати Індії збільшилися на 2,1 % і досягли майже \$73 млрд. Російська Федерація посідає 4-е місце в рейтингу другий рік поспіль. У 2020 р. Росія витратила на оборону \$ 61,7 млрд, що на 2,5 % більше, ніж в 2019 р.

П'ятірку лідерів списку замикає Велика Британія, що виділила на оборонні потреби в 2020 р. \$ 59,2 млрд (рис. 1.3).



Джерело: Military expenditure as percentage of gross domestic product (GDP) in highest spending countries 2020. – Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/266892/military-expenditure-as-percentage-of-gdp-in-highest-spending-countries/>

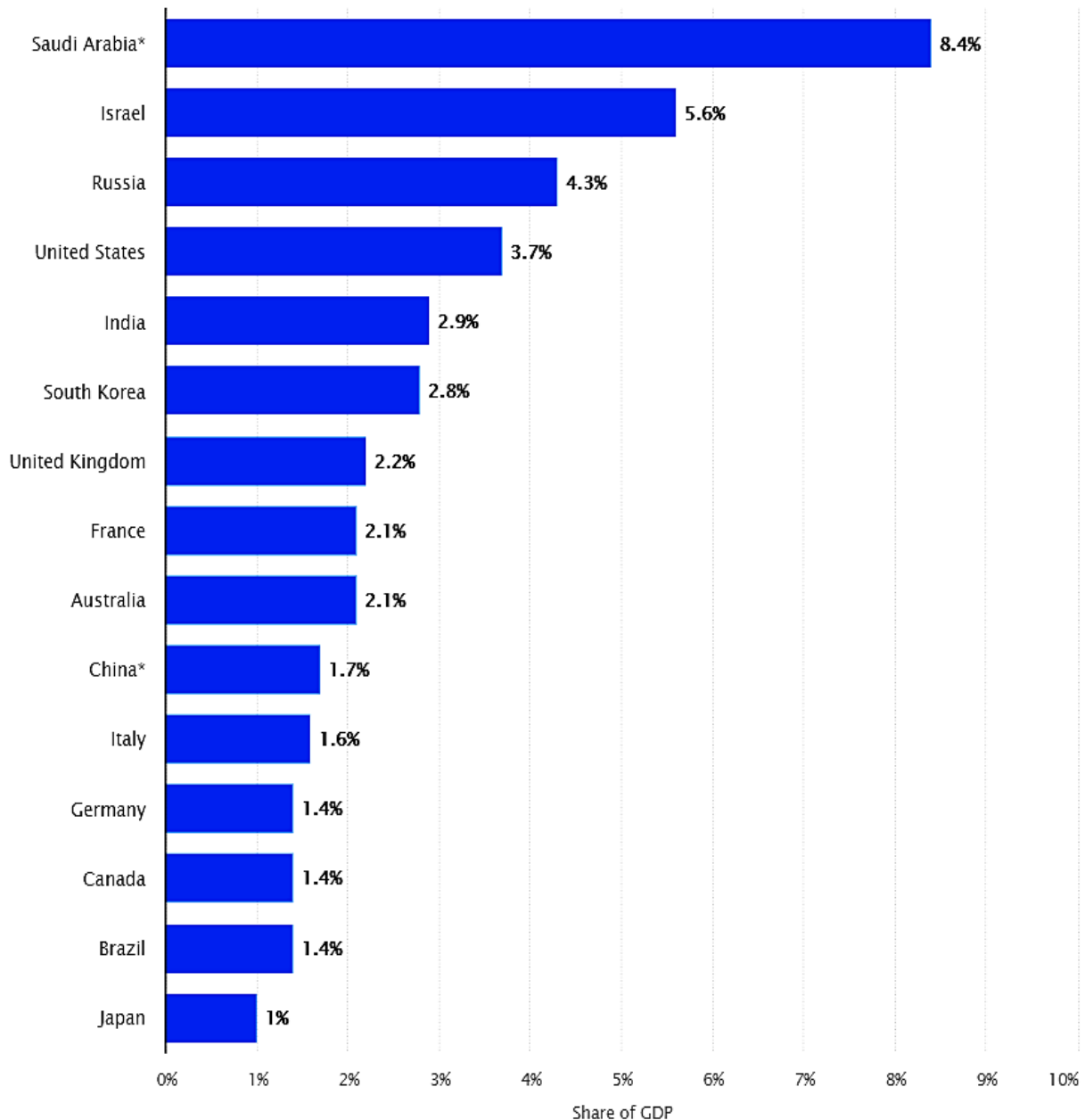
**Рис. 1.3 Військові витрати країн із найвищими обсягами витрат у 2020 р., \$ млрд**

Військовий бюджет України у 2020 р. не перевищує \$ 5,9 млрд, що на 11 % більше проти 2019 р.

Військові витрати у відсотках до валового внутрішнього продукту є корисним інструментом для оцінювання значення, яке окремі держави надають своїм військовим. У 2020 р. частка ВВП, що виділяється країнами на оборону, збільшилася. Якщо у 2019 р. цей показник становив у середньому 2,2 %, то в 2020 р. – вже 2,4 %. Експерти SIPRI пояснюють це тим, що через наслідки пандемії загальносвітовий ВВП скоротився на 4,4 % (за прогнозом Міжнародного валютного фонду на жовтень 2020 р.). А це, у свою чергу, призвело до зростання частки військових витрат по відношенню до обсягу ВВП – незалежно від того, чи

збільшилися витрати на оборону. Для прикладу, це дозволило ряду країн НАТО виконати свої зобов'язання по відношенню до альянсу і витратити на оборону як мінімум 2 % свого ВВП. Якщо у 2019 р. даному критерію відповідало 9 членів НАТО, то в 2020 р. – вже 12. У їх число вперше з 2009 р. увійшла і Франція [3].

Лідером за даним показником серед усіх інших країн є Саудівська Аравія – у 2020 р. на оборону та озброєння витрачено 8,4 % валового внутрішнього продукту країни (рис. 1.4).



Джерело: Military expenditure as percentage of gross domestic product (GDP) in highest spending countries 2020. – Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/266892/military-expenditure-as-percentage-of-gdp-in-highest-spending-countries/>

**Рис. 1.4** Військові витрати країн із найвищими обсягами витрат у світі, % ВВП



За даними Defence News<sup>1</sup>, що були оприлюднені в серпні 2021 р., у 2020 р. до Топ-100 оборонно-промислових компаній потрапили ті, що мали дохід від продажу озброєння та військової техніки на суму більше \$ 600 млн. Перші 10 місць займають компанії США, Китаю, Великої Британії (табл. 1.1).

**Таблиця 1.1 – Топ 25 компаній 2020 р. із виробництва озброєння та військової техніки**

Рейтинг 2020	Рейтинг 2019	Компанія	Країна	2020 Доходи від оборонних продаж (млн \$)	2019 Доходи від оборонних продаж (млн \$)	% змін	2020 Загальні доходи (млн \$)	Частка оборонних доходів (%)
1	1	Lockheed Martin	США	62 562,00	56 606,00	11	65 398,00	96
2	нова*	Raytheon Technologies	США	42 000,00	Н/Д**	Н/Д**	65 000,00	65
3	2	Boeing	США	32 400,00	34 300,00	-6	58 158,00	56
4	4	Northrop Grumman	США	31 400,00	\$ 28 600,00	10	36 799,00	85
5	3	General Dynamics	США	29 800,00	29 512,00	1	37 900,00	79
6	6	Aviation Industry Corporation of China	Китай	25 468,59	25 075,38	2	67 911,42	38
7	7	BAE Systems	Велика Британія	23 502,38	21 033,27	12	24 739,35	95
8	8	China North Industries Group Corporation Limited	Китай	15 249,27	14 771,60	3	70 303,18	22
9	9	L3Harris Technologies	США	14 936,00	14 602,00	2	18 194,00	82
10	нова*	China State Shipbuilding Corporation Limited 7	Китай	13 379,35	10 481,85	28	66 911,23	20
11	11	China Aerospace	Китай	12 060,26	12,035,25	0	37 702,80	32

<sup>1</sup> Список 100 найкращих компаній сформовано на основі інформації, яку отримує Defence News від щорічних звітів компаній, аналітиків та досліджень оборонних новин і Міжнародного інституту стратегічних досліджень та індексів SPADE. Крім того, було проведено опитування компаній, які повідомили про їх загальний річний дохід та доходи від оборонних оборудок, розвідки, внутрішньої безпеки та інших контрактів національної безпеки.

Рейтинг 2020	Рейтинг 2019	Компанія	Країна	2020 Доходи від оборонних продаж (млн \$)	2019 Доходи від оборонних продаж (млн \$)	% змін	2020 Загальні доходи (млн \$)	Частка оборонних доходів (%)
		Science and Industry Corporation						
12	12	Airbus	Нідерланди /Франція	12 004,28	11 266,57	7	56 970,41	21
13	13	Leonardo	Італія	11 173,33	11 109,27	1	15 306,40	73
14	18	China South Industries Group Corporation	Китай	10 697,68	8 845,87	21	34 499,29	31
15	15	China Electronics Technology Group	Китай	10 465,75	10 148,87	3	33 977,45	31
16	16	Thales	Франція	9 228,36	9 251,68	0	19 391,53	48
17	19	Huntington Ingalls Industries	США	8 654,37	8 119,00	7	9 361,00	92
18	20	China Aerospace Science and Technology Corporation	Китай	8 305,92	7 745,57	7	38 804,45	21
19	23	Leidos	США	7 341,00	6 300,00	17	12 300,00	60
20	17	Almaz-Antey	Росія	6 066,31	9 191,60	-34	6 600,93	92
21	25	Honeywell	США	5 826,00	5 326,00	9	32 637,00	18
22	26	Booz Allen Hamilton	США	5 470,21	5 182,96	6	7 858,94	70
23	46	Amentum	США	5 000,00	2 700,00	85	6 600,00	76
24	нова*	Edge Group	Об'єднані Арабські Емірати	5 000,00	Н/Д**	Н/Д**	5 000,00	100
25	27	Rolls-Royce	Велика Британія	4 863,94	4 712,36	3	15 092,33	32

\* компанія не була присутня в рейтингу 2019 року

\*\* дані за минулі роки відсутні

Джерело: Defence News [4]

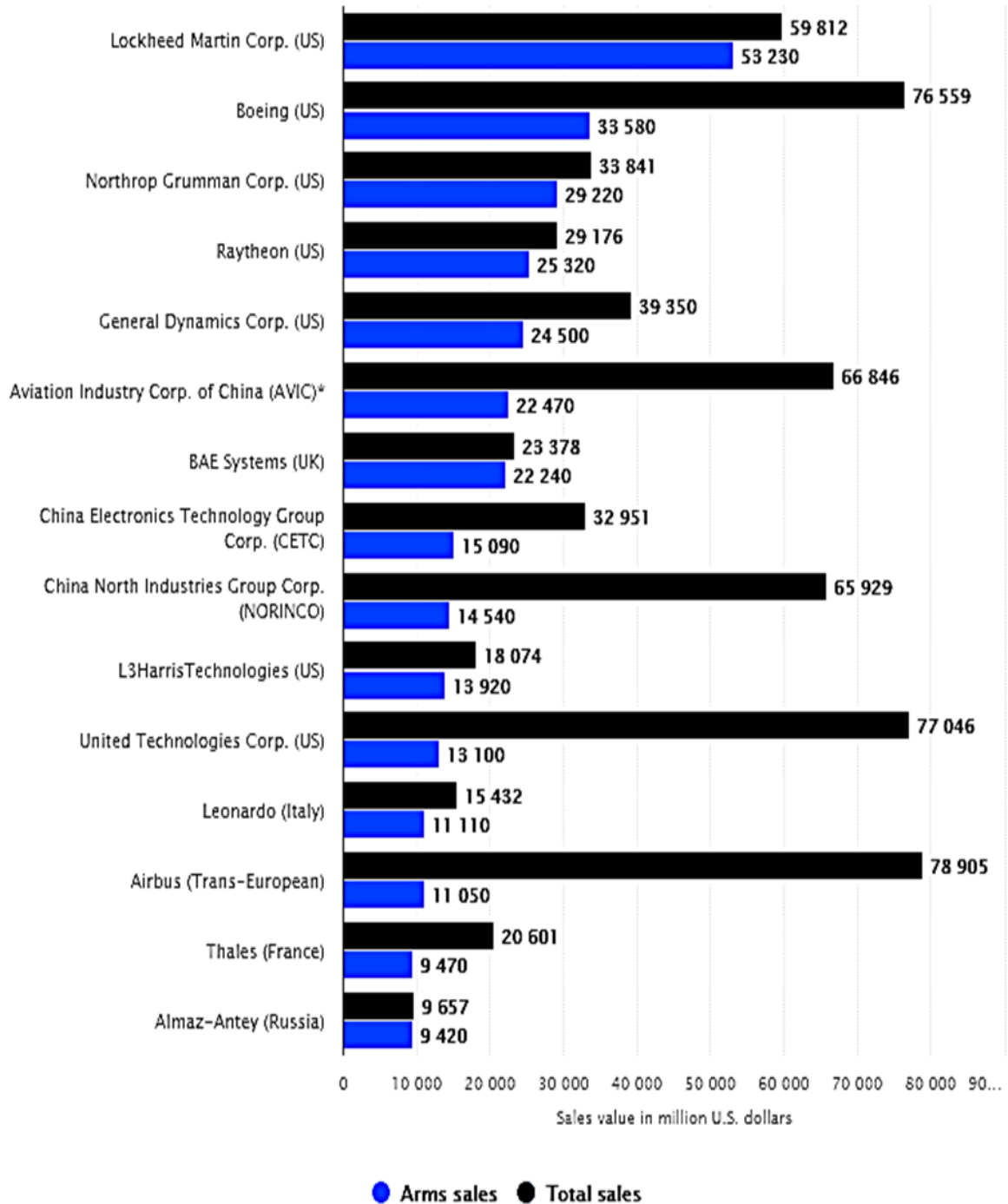
До вище вказаного рейтингу вперше за останні роки (починаючи з 2018 р.) повернувся ДК "Укроборонпром". У рейтингу американського видання держконцерн посів 97-ме зі 100 місць і став єдиним представником України. За 2020 р. державним концерном було реалізовано продукції військового призначення на \$ 650 млн, що на 15 % менше проти 2019 р. (\$ 764 млн) [5].

За оцінками німецької компанії STATISTA, список перших 15 фірм світу – виробників озброєння та військової техніки – виглядає дещо по-іншому. Але перша п'ятірка, за виключенням нової компанії серед лідерів рейтингу – "Raytheon Technologies", – така ж, як і в попередньому рейтингу (рис. 1.5).

Саме ці фірми в останні роки витрачали суттєві кошти на наукові дослідження і розроблення технологій, у тому числі і у сфері озброєння та військової техніки.

Так, витрати Lockheed Martin на дослідницько-конструкторські та подібні роботи у 2018-2020 рр. становили \$ 1,3 млрд щорічно або 2,1-2,3 % оборонних доходів, які витрачалися на фундаментальні, прикладні дослідження, дослідження формулювання концепцій, дизайн, відповідну тестову діяльність [6].

Внутрішнє фінансування досліджень і розробок компанії Raytheon Technologies у 2020 р. становило \$ 2582 млн (6,1 % оборонних доходів), зовнішнє – ще \$ 4111 млн (9,8 %) або загалом 15,9 % оборонних доходів [7].



Джерело: The 20 largest arms-producing and military services companies in the world in 2018, by arms sales. – <https://www.statista.com/statistics/267160/sales-of-the-worlds-largest-arms-producing-and-military-services-companies/>

**Рис. 1.5** Топ-15 світових компаній, що виробляють військову продукцію та надають військові послуги, у 2019 р. за обсягами продажу за версією STATISTA, \$ млн

За країнами ОЕСР витрати на дослідження і розробки в оборонній сфері за рахунок бюджетних коштів у 2020 р. зросли:

- на 3,9 % у Німеччині;
- на 11,1 % у США;

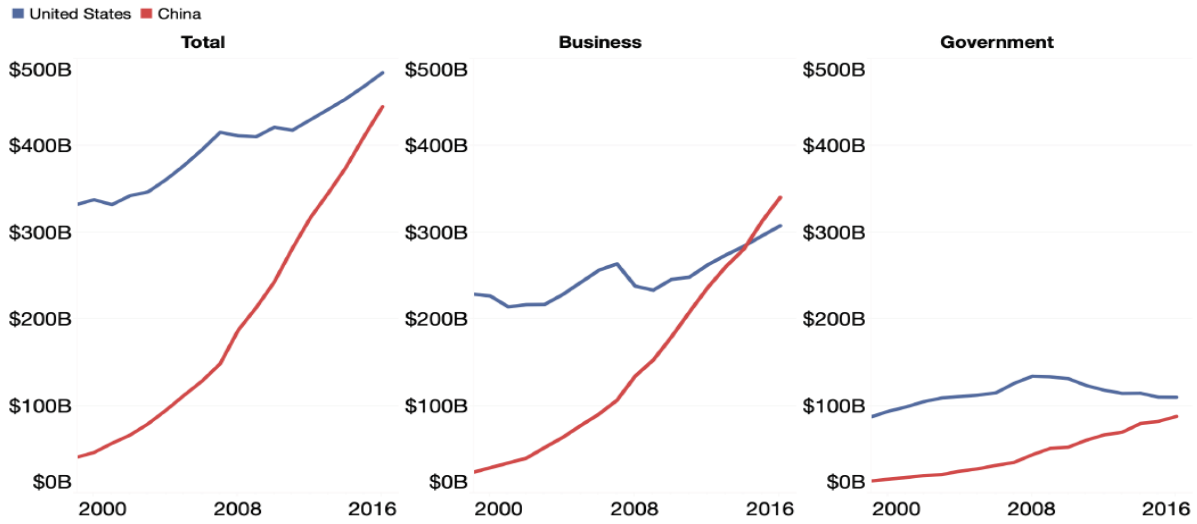
- на 11,8 в Австралії (табл. 1.2).

**Таблиця 1.2 – Державні витрати на оборонні дослідження і розробки в окремих країнах ОЕСР у 2018-2020 рр., млн дол. США у фактичних цінах за ПКС**

<b>Країна</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Австрія	6,9	6,6	6,6
Данія	9,2	9,9	11,0
Мексика	8,2	11,0	12,0
Чеська Республіка	31,5	30,7	29,7
Нідерланди	83,7	89,4	97,4
Норвегія	127,6	128,5	139,7
Австралія	369,7	318,4	360,1
Туреччина	1595,3	1474,1	1407,2
Німеччина	1401,9	1991,7	2096,4
Велика Британія	2424,1	2058,5	
США	67494,0	70361,0	79079,0

Джерело: Government budget allocations for R&D

У той же час, Китай більш ніж утричі збільшив свої основні наукові інвестиції за останнє десятиліття. У звіті Govini, опублікованому у січні 2021 р. [8], було встановлено, що хоча загальні інвестиції США в оборонні та військові дослідження (уряд разом із бізнесом) все ще перевищують відповідні інвестиції Китаю, існуюча тенденція виводить Китай на перше місце у цьому змаганні (рис. 1.6). У період з 1997 по 2017 рік. частка Китаю у світовому бюджеті витрат на дослідження та інженерію зросла на 900%, з 3 до 27%, йдеться у звіті. У міру зростання багатства та могутності Китай все більше перетворює свої технологічні досягнення на військову силу, що кидає виклик спроможності США стримувати та, якщо необхідно, перемогти китайську агресію в Індо-Тихоокеанському регіоні.



**Рис. 1.6 Відносні R&D витрати США та Китаю, 2000-2016 рр.  
(у постійних цінах 2010 р.)**

## II ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ НА ОСНОВІ ПУБЛІКАЦІЙ ЗАРУБІЖНИХ І МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Міжнародне безпекове середовище та природа конфліктів швидко змінюються, значною мірою через розвиток науки і технологій. Новітні та проривні технології створюють як нові можливості, так і загрози не лише у сфері безпеки і оборони, але й в інших галузях. Рівень захисту та безпеки, що надає країна своїм громадянам, у перспективі напряму пов'язаний із можливістю скласти прогноз на домінуючі технічні та технологічні тренди, оцінити їх вплив на майбутнє і на підставі цього розробити стратегію, яка дозволить перетворити виникаючі можливості на нові технології. У воєнній сфері такі технології спрямовані на розширення здатності сил та засобів діяти в оперативній обстановці, що швидко змінюється: у космосі, кіберпросторі, районах міської забудови.

Військово-політичний блок НАТО, що об'єднує 30 країн-членів, приділяє велику увагу розробці і застосуванню передових технологій у сфері безпеки і оборони та прагне зберегти переваги в цій сфері шляхом застосування передових наукових знань, технологічних розробок та інновацій.

У травні 2020 р. було опубліковано доповідь НАТО «Тенденції у науці і технологіях: 2020-2040» (Science & Technology Trends 2020-2040: Exploring the S&T Edge), в якій окреслені тенденції розвитку технологій протягом наступних 20 років. Даним документом визначаються новітні або проривні напрями розвитку науки і технологій, які матимуть вплив на розвиток колективної безпеки і оборони. Серед них такі: технології великих даних (Big data); технології штучного інтелекту (AI); технології автономності (робототехніка) (Autonomy); космічні технології (Space); гіперзвукові технології (Hypersonics); квантові технології (Quantum); біотехнології (Biotechnology) [9].

Документ підготовлений Організацією НАТО з науки і технології (NATO Science & Technology Organization - STO) і спирається на висновки близько 6000 вчених, інженерів і аналітиків, а також підтверджується ґрунтовним аналізом відкритих науково-дослідницьких джерел та окремих національних науково-дослідних програм.

**Штучний інтелект у сфері оборони.** Починаючи з 2017 р. у всесвітніх масштабах розпочалася боротьба за світове лідерство у сфері розвитку штучного інтелекту (ШІ). З метою правового регулювання подальшого розвитку технологій ШІ протягом 2017 – 2019 рр. понад 30 країн світу розробили відповідні національні стратегії (зокрема, Канада, Сінгапур, КНР, Данія, Італія, Німеччина, Франція), визначивши його одним із важливих пріоритетів державної політики. За

таких умов стрімкий розвиток та динамічне використання технологій ШІ розповсюджується на дедалі більшу кількість сфер та галузей економіки, супроводжуючись значним зростанням як державних, так і приватних інвестицій у їх розвиток.

У світових масштабах вже спостерігається конкуренція в розвитку технологій ШІ між провідними державами. Так, Китай неодноразово заявляв про своє світове лідерство у даній сфері вже до 2030 року. У планах офіційного Пекіну прискорені темпи розвитку індустрії штучного інтелекту у сфері проектування та виробництва чипів, у зв'язку з чим влада має намір виділити 16,4 млрд євро. Такі самі амбіційні плани у глобальних масштабах останнім часом демонструє і Росія [10].

Оборонні відомства провідних країн також вивчають можливості застосування технологій ШІ в оборонній сфері, виходячи з дуже успішних результатів, отриманих у цивільній області такими компаніями, як Google, Apple або Facebook. Аналізуються різні програми, такі як виявлення зловмисного трафіку у зашифрованих мережах для кіберзахисту, ідентифікація маршруту і жестів людей, зокрема для виявлення аномальної поведінки при русі морських суден. Також йдеться про застосовування спроможності ШІ у таких сферах, як підтримка прийняття рішень для командувачів на полі бою, отримання відповідної семантичної інформації для підтримки військової розвідки; автоматизація та оптимізація логістичних систем; підтримка медичної діагностики та лікування; а також скорочення кількості персоналу, який буде розгорнутий у небезпечних середовищах та місіях; для автономної експлуатації безпілотних машин тощо.

Протягом наступних півтора десятиліть стрімкий прогрес у розвитку автономної зброї, робототехніки, аналізу великих даних та систем підтримки прийняття рішень із використанням ШІ та глибоких нейронних мереж може революціонізувати війну.

Одним з таких напрямів використання ШІ є обслуговування систем військових літаків, зокрема високотехнологічних винищувачів-невидимок.

Для літаків, які розробляються в новому десятилітті, саме ШІ займе центральне місце у програмному забезпеченні для підтримки технічного обслуговування, починаючи від проектування літаків, аж до виробництва та обслуговування. Штучний інтелект вже виходить на перший план, щоб фактично управляти військовою технікою – від безпілотників до технологій рою безпілотників та автономних систем польоту.



Незабаром пілоти зможуть використовувати ШІ в кабіні, щоб керувати невеликою групою просунутих безпілотників, що пролітають поблизу літака з метою зондування, розвідки та прицілювання. Це знімає контроль із землі, звідки в даний час координуються операції з безпілотниками, і передає його в руки пілотам.

Значні успіхи із використанням ШІ досягнуто у галузі комп'ютерного зору, розпізнавання мови, обробки природної мови та робототехніки, що дозволяє людям взаємодіяти з інтелектуальними системами, тобто вводити дані, задавати питання та отримувати усні чи письмові відповіді, використовуючи природну мову, а не комп'ютерний код.

Військові застосування штучного інтелекту можуть створити системи настільки спроможними, що вони змінять характер війни.

У найближчі 10 – 15 років військові сили розвинених країн можуть все частіше використовувати автономну зброю, яка може знаходити, ідентифікувати, відстежувати, націлюватися, та знищувати сили противника без участі операторів – людей у процесі прийняття рішень. Роблячи людську взаємодію непотрібною, автономна зброя скоротить цикл "спостерігати-орієнтувати-приймати рішення-діяти (OODA)", дозволяючи цим силам діяти і реагувати швидше, ніж їхні вороги.

Ці можливості також позбавлять операторів від багатьох завдань, які є небезпечними або схильними до людських помилок через нудьгу чи втому.

Немає сумнівів, що технологія ШІ відграватиме все більшу роль у розвитку соціально-економічної, науково-технічної, оборонної, правової та іншої діяльності у сферах загальнодержавного значення, про що свідчить Розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р "Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні" [11].

*Технології великих даних (Big data.)* Великі об'єми даних є наслідком зростання кількості цифрових даних в інтернеті та кількості об'єктів, підключених до мережі. Масив даних вважається великим, коли традиційні комп'ютерні потужності не можуть впоратися із кількістю, швидкістю, складністю та якістю даних, яка перенасичує людські життя.

Прогрес в аналізі великих масивів даних дозволяє, наприклад, розшифрувати ДНК людини протягом декількох хвилин, попередити терористичні напади та запобігати захворюванням.

У оборонній сфері окремі європейські країни та США реалізують проєкти із застосуванням аналізу великих обсягів даних, аби зрозуміти, яким чином ці інструменти та можливості можуть бути застосовані в роботі з моделювання для потреб збройних сил.

Такими областями є:

- розробка концепцій діяльності та управління можливостями;
- операційний аналіз для прийняття рішень в обороні;
- розробка систем з визначення, розробки та виявлення областей застосування нових або вдосконалених військових можливостей;
- аналіз з метою визначення прогалин у навчанні, розробка альтернативних методів навчання, віртуальна бойова підготовка;
- допомога в прийнятті рішень при плануванні та виконанні операцій.

ШІ дозволить воїнам використовувати "великі дані" для аналізу великих обсягів інформації, що є неможливим для людей. Системи машинного навчання будуть використовувати розширене розпізнавання цих даних, визначаючи тактику противника та приховані цілі, підвищуючи точність та підтримуючи прийняття командних рішень.

На тлі цього в Україні необхідно провести аналіз, щоб зрозуміти, яким чином комерційні додатки Big Data можуть бути застосовані в секторі безпеки та оборони, та дослідити їх потенційну користь. Також слід визначити, які рішення та інфраструктура можуть бути адаптовані та орієнтовані на пріоритети оборонного сектору.

*Технології автономності (робототехніка.)* За останні десять років безпілотні системи стали звичайними інструментами, що використовуються під час конфліктів.

Роботи та системи «бджолиного рою» у перспективі відіграватимуть рушійну роль у військових операціях. Вони будуть виконувати завдання, які сьогодні вважаються надто ризикованими, складними або навіть неможливими для виконання людиною. Роботизовані системи у майбутньому, ймовірно, змінять і спосіб проведення військових операцій, і навіть дозволять передбачати нові типи місій.

Оцінка різних сценаріїв оборони, в яких різномірні (наземні, повітряні, морські) рої роботів могли б призвести до виникнення додаткової цінності, нині активно аналізуються у провідних країнах Європи та США. Ці проєкти висвітлюють стійкий інтерес оборонного сектору до цього напрямку.

Використання дронів, зокрема, ілюструє величезний потенціал безпілотних систем. Хоча дистанційно-керовані повітряні дрони є, мабуть, найбільш яскравим прикладом безпілотних системних технологій, справжній потенціал останніх охоплює всі середовища бою – землю, море, повітря та космос.

За оцінками американських та європейських експертів, які вже підкріплені конкретними заходами, майбутні безпілотні системи мають отримати більш високі ступені автономності, зокрема, завдяки штучному інтелекту та когнітивним обчисленням. За допомогою адекватно скоординованих безпілотних транспортних засобів навіть складні завдання можуть бути виконані автономно, зменшуючи навантаження на людину, але виключаючи критично важливі рішення [12].

Експерти впевнені, що у військових конфліктах майбутнього основну роль відіграватимуть саме безпілотні засоби ураження, наприклад, "рої дронів" - безпілотники, що об'єднані в єдину систему. І саме це дозволяє їм діяти як єдине смертоносне ціле. Масштаби "роїв дронів" і швидкість їх пересування відкривають перспективу військових зіткнень настільки швидких і складних, що людина не може встежити за ними, і це ще більше підсилює динаміку гонки озброєнь та визиває занепокоєнні у експертів військової сфери. Адже критичний фактор швидкості може навіть спровокувати випадковий військовий конфлікт: автономні системи будуть реагувати на дії один одного. І хоча дане питання потребує контролю з етичності використання безпілотних літальних апаратів, все більше країн мають на озброєнні такі пристрої, що дозволяють не тільки вести розвідку, але й проводити винищувальні дії. Наприклад, американські безпілотники типу Predator вже оснащені керованими ракетами і бомбами і можуть вражати навіть рухомі цілі.

У червні 2021 р. на виставці "Зброя та безпека-2021" Міжнародною компанією ACE було презентовано надшвидкий бойовий дрон з ройовими можливостями - ACE ONE. Над його розробкою працювали українські вчені та фахівці у сфері авіакосмічної галузі на базі кращих підприємств (ДП "Івченко-Прогрес", "Мотор Січ", ТОВ "Гідробест"). Це унікальний надсучасний дрон у своєму класі бойових безпілотників, що можуть переносити озброєння до 1 тони і завдяки новітнім технологіям – Stealt, а також своїй формі плоского крила, є фактично невидимий для радарів. Швидкість ACE ONE наближена до надзвукової і складає 1000 км/год.

Також цікавою видається технологія Valkyrie, розроблена Дослідною лабораторією ВВС США, яка представила БПЛА а саме Valkyrie – XQ-58A, що може випускати безпілотник меншого розміру з відсіку для зброї. Включення безпілотника меншого розміру, який може бути розгорнутий у повітрі, розширює можливості спостереження, боротьби з дронами і навіть доставки вибухових речовин.

Нещодавно в Києві на майданчику Sikorsky Challenge 2021 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря

Сікорського» (НТТУ «КП») пройшов Міжнародний оборонний інвестиційний форум, присвячений пошуку нових напрямів розвитку оборонної промисловості України.

Серед найцікавіших нових українських стартап-проектів у сфері робототехніки можна вважати наступні:

- дослідний зразок безоператорного міношукача. Це робот-сапер на шасі автомобільного типу, оснащений системами орієнтації в просторі та маркування місцевості. Сканування місцевості відбувається зондуванням;

- квадрокоптер-міношукач, призначений для використання при проведенні розмінувань територій, на яких проводились активні бойові дії. Під час місії розмінування розроблений пристрій мінімізує участь людини у пошуку вибухонебезпечних об'єктів, тому надає повну безпеку військовим та кардинально скорочує кількість жертв;

- прототип комплексу інтелектуального керування безпілотними авіаційними системами та моніторингу театру бойових дій. Дана розробка призначена для використання військовослужбовцями та прикордонниками для виконання широкого спектру завдань розвідки, спостереження, оборони тощо [13].

### ***Біотехнології (Biotechnology).***

Біотехнології відносяться до чотирьох галузей досліджень (із значним перекриттям та синергією між ними):

- 1) біоінформатика та біосенсори: датчики *in vitro* / *ex vitro*, медична візуалізація, квантова біологія, застосована BDAА;

- 2) посилення можливостей людини: змішана реальність, віртуальна реальність, соціальні мережі, робототехніка, штучний інтелект, протезування, екзоскелети, нейроелектроніка, реабілітація, нейронаука, робототехніка, телеоперації, автономія, пізнавальна продуктивність, обчислювальна техніка, штучний інтелект, довірена автономія, посилення сприйняття;

- 3) медичні контрзаходи та біомедичні технології: хіміко-біологічно-радіологічно-ядерні протидії та виявлення, персоналізована медицина, біомаркери, біоінженерія, добавки, харчування, фізіологія, стійкість, стресостійкість;

- 4) синтетична біологія: генна інженерія, секвенування та використання ДНК, біовиробництво, модифікований мікробіом, живі датчики.

Досягнення в галузі матеріалів, інформаційних систем та гуманітарних наук створюють основу для значного розширення людських можливостей, пересуваючи межі фізіологічної, когнітивної та соціальної діяльності людини. Дослідження та розробки в цих областях забезпечуються швидкими паралельними розробками щодо мініатюризації та інноваційних матеріалів/виробництв.

#### *Військові застосування біотехнологій*

Використання біомаркерів (фенотипічних та генетичних) надає нові можливості для виявлення та діагностики інфекційних захворювань, таких як швидка ідентифікація на ранній фазі епідемії або визначення генотипів під час дослідження ознак біологічної загрози. Моніторинг стану людини в режимі реального часу дозволить оптимізувати роботу особистості та команди.

Нині є потреба у розробках технологій та продуктів, які можна було б використати як засіб реагування у реальному часі на підозрювану біологічну атаку або спалах інфекційного захворювання. Дані про спалах у реальному часі можуть виявити основні показники виникнення епідемії, включаючи навмисне поширення патогенів.

Носимі біомедичні системи забезпечуватимуть можливість безперервного моніторингу стану здоров'я солдата, а використання біоінформатики, датчиків, віртуальної та змішаної реальності, нейронних інтерфейсів дадуть можливість використовувати меншу кількість військової сили і покращать обізнаність про ситуацію та дозволять мати реалістичне відчуття місцевості, підвищать ефективність об'єднання людей і машин.

Портативні інструменти недалекого майбутнього мають бути готовими до розгортання в польових умовах, протоколи для обміну інформацією мають бути простими, швидкими та надійними. Дані, які не вважаються чутливими, можуть бути доступними через онлайніві хмарні сервери.

Передбачається, що у найближчому майбутньому виникне потреба у дослідженнях щодо:

нових біосенсорів (включаючи біоінженерні) та методів збору біоданих для виявлення біомаркерів, а також обробки та використання величезної кількості персоналізованих, когортних, екологічних даних. Окрім підвищення обізнаності про ситуацію, це сприятиме розробці все більш складних та прогнозованих моделей, що підтримують клінічні втручання, персоналізовану медицину, індивідуальне навчання, оцінку природних чи штучних біологічних загроз;

нової діагностики, терапії та вакцин (із застосуванням біоінформатики, генної інженерії та біосенсорів) для підтримки прогностичної діагностики,

виявлення біологічної загрози, моделювання та лікування. Боротьба з потерпілими застосовуватиме досягнення у молекулярній та клітинній біології, ШІ, біоінформатиці та нових матеріалах для поліпшення швидкої ідентифікації та лікування пошкоджень тканин та інфекцій;

використання генетичних модифікацій, фармакологічних агентів, електромеханічних пристроїв та неврологічних інтерфейсів для підвищення фізіологічної, неврологічної працездатності людини за нормальною межею;

розширених обчислювальних та моделюючих можливостей для розуміння потоку інформації в складних соціальних мережах. Розробка нових кількісних методів буде важливою для поглибленого розуміння динаміки інформаційних мереж та розробки контрзаходів у контексті гібридної війни;

проектування, розробки та створення нових синтетичних або модифікованих біологічних компонентів або систем, що включає розробку багатоклітинних біосенсорних систем для спостереження і виробництва.

***Космічні технології.*** Від космосу на сьогодні залежить можливість військових сил оперативно та ефективно виконувати свої місії. На сьогодні близько 40 країн світу працюють над програмами щодо використання результатів застосування космічних засобів у системах озброєння, серед них і Україна. Важливу роль космічні засоби відіграють і в питанні отримання відомостей про ворога і його плани. А роль розвідки в глобальній війні, як відомо, лише зростає.

Безпосередньо для ведення космічної розвідки використовуються космічні системи видової, радіотехнічної та радіорозвідки, які включають в себе низькоорбітальні та високоорбітальних угруповання супутників і комплекси радіоперехоплення на геостаціонарних орбітах. Бойовою одиницею космічної розвідки є розвідувальний супутник або, як його ще називають – супутник-шпигун. Це – космічний апарат (КА), призначений для спостереження Землі з метою забезпечення розвідувальної діяльності або супутник зв'язку, що застосовується для розвідки.

Для створення безперервного моніторингу обстановки на орбіту можуть виводиться кілька супутників, об'єднаних в угруповання. Це дозволяє отримувати розвідувальну інформацію безперервно і цілодобово. У мирний час на орбіті Землі можуть одночасно перебувати кілька угруповань КА, що виконують завдання видової і радіотехнічної розвідки. Під час бойових дій значимість розвідувальних супутників зростає критично. Отримання інформації про зосередження військ противника за лінією фронту або координат, наприклад, його авіаносного ударного угруповання стратегічно важливо для застосування високоточної зброї при стрільбі на максимальну дистанцію.

"Передовиками" у володінні розвідувальними супутниками на сьогодні є США і РФ, яка експлуатує військово-космічний потенціал, що дістався від СРСР і наразі поступово тане. Активно наздоганяє лідерів Китай, який швидкими темпами розвиває власні військово-космічні системи, в тому числі і розвідувальні. Можливості радіоелектронного перехоплення Китаю в космосі оцінюються високо і він вважається в цій сфері третьою, після США і РФ, країною світу. Фахівці не виключають перетворення Китаю до 2045 року на світового лідера аерокосмічної промисловості – це неодмінно позначитися і на можливостях КНР з ведення космічної розвідки [14].

Крім лідерів, безпосередньо розвідувальними супутниками військового призначення на сьогодні володіють також Велика Британія, Ізраїль, Індія, Італія, Канада, Туреччина, Франція, ФРН, Південна Корея і Японія.

**Гіперзвукові технології (Hypersonics).** Держава, яка зможе першою в світі вийти на серійне виробництво високоточних гіперзвукових ракет, створить для себе безумовну військову перевагу, перш за все, у стратегічному масштабі. Для сучасних засобів протиповітряної оборони ракети, що рухаються із швидкістю 7 М, практично неуразливі. У свою чергу, вони здатні знищувати захищені за останнім словом техніки не тільки наземні, але і підводні об'єкти, головним чином, – об'єкти критичної інфраструктури.

Гіперзвукові плануючі ракети мають високу маневреність й вони ідеальні для ураження важливих цілей, які захищені повітряною та протиракетною обороною.

Поєднання швидкості та маневреності дуже ускладнює противникам виявлення та відстеження цієї зброї, не говорячи вже про спроби захиститися від неї, зокрема спроби просто перемістити критично важливі об'єкти чи шукати інші укриття.

**Квантові технології (Quantum.)** З урахуванням того, що можуть означати квантові технології для оборони і безпеки, НАТО вважає квантові технології одними з найважливіших нових і проривних технологій.

Два види практичного застосування матимуть особливе значення у сфері оборони і безпеки в короткостроковій і середньостроковій перспективі:

- по-перше, квантова сенсорика. У квантових датчиків є перспективне військове практичне застосування. Наприклад, за допомогою квантових датчиків можна вести виявлення підводних човнів і літальних апаратів і використовувати їх для визначення місця розташування, навігації та синхронізації (PNT). Такі квантові пристрої PNT можна було б використовувати в якості надійних

інерційних навігаційних систем, що забезпечують навігацію без зовнішніх опорних сигналів, як, наприклад, GPS;

- по-друге, «квантова загроза», яку представляють квантові обчислення. Факторизація цілих чисел – одна з категорій завдань, які квантові комп'ютери можуть вирішувати особливо ефективно. Основна частина цифрової інфраструктури шифрується за допомогою криптографічних протоколів, заснованих на складності рішення подібного роду задач по факторизації цілих чисел (наприклад, алгоритм RSA). В очікуванні майбутніх квантових комп'ютерів хакери могли б вкрасти зашифровану інформацію сьогодні, зберігати її та розшифрувати її через 10-15 років за допомогою майбутнього квантового комп'ютера [15].

Вищенаведених огляд сучасних тенденцій нової війни можна доповнити трендами із оглядів, здійснених RAND Corporation [16] і Центром передового досвіду аерокосмічної та оборонної промисловості США [17]:

- зменшенні чисельності військових сил і збільшенні традиційної модернізації та професіоналізації;
- електрифікації поля бою;
- заміні викопного палива альтернативними джерелами енергії.

Класична військова теорія та значний обсяг емпіричних досліджень свідчать про те, що чисельність військових сил впливає не тільки на ймовірність війни, але й на шанси на перемогу. Але важлива не тільки кількість військових сил, а й їх якість, а також забезпечення цих сил сучасним високотехнологічним обладнанням та засобами ураження.

Тому необхідно *модернізувати* систему протиповітряної оборони, підвищити оперативну стійкість, інвестуючи у засоби протиповітряної оборони; збільшити інвестиції у навчання військових та у виробництво боєприпасів для ураження звичайних цілей, незалежно від того, чи це наземні броньові формування за європейським сценарієм або морські цілі за сценарієм Тихого океану. Нарешті, необхідно зосередитися на підвищенні обізнаності про китайські та російські військові рухи, оскільки співвідношення сил змінюється на користь Китаю та Росії.

У довгостроковій перспективі відбудеться повна *електрифікація військових машин* – США передбачає виробництво двох прототипів електричних танків до 2022 року, але найближчим часом електрифікація почнеться з техніки вторинної підтримки, яка першою потрапить на поле бою.

Викопні види палива мають значну ціну для військових сил з точки зору матеріально-технічного забезпечення, про що свідчить велика кількість жертв у



паливних конвоях під час війни в Афганістані. У даний час попит майже повністю задовольняється генераторами, що працюють на дизельному паливі. Скорочення кількості генераторів, що працюють на викопному паливі, та заміна їх на *альтернативні джерела енергії*, такі як сонячна та вітрова енергія, значно зменшує логістичний слід операційної бази, зводячи до мінімуму вразливість від атак і зменшуючи кількість жертв у ланцюгах поставок.

### ***Нові матеріали.***

Прогрес у створенні нових матеріалів та їхнє виробництві матиме глибокий вплив на оборону та національну безпеку протягом наступних десятиліть у всьому світі. Використання нових матеріалів із аддитивним та гібридним виробництвом дозволить створити більш ефективні продукти з низьким рівнем відходів, вбудовану електроніку та датчики, що дозволить швидко розробляти та виготовляти запасні частини для зброї, бойових машин та іншого обладнання [18].

Передові (нові) матеріали – це штучні матеріали з унікальними та новими властивостями. Вони можуть бути виготовлені з використанням методів, взятих з нанотехнологій або синтетичної біології. Розвиток може включати покриття з надзвичайною термостійкістю, високоміцні бронезилети або платформи, невидимість, збирання та зберігання енергії, надпровідність, вдосконалені датчики та дезактивацію, виробництво харчових продуктів, палива та будівельних матеріалів. Дослідження графену, інших нових 2D матеріалів та топологічні матеріали є сферою високого потенціалу та зростання інтересу. Адитивне виробництво, яке часто використовується як синонім тривимірного друку [19], це процес створення майже довільного 3D твердого предмету з використанням цифрової моделі за допомогою пошарового додавання матеріалів. Адитивне виробництво може використовуватися для швидкого прототипування; виробництва та ремонту військової техніки на місці; виробництва точних, нестандартних або унікальних деталей.

Дослідження у сфері нових матеріалів та виробництва (НМВ) лежать в основі значної частини успіху промислової революції, і, очікується, що протягом наступних 20 років три основні сфери науково-дослідної роботи – *нові матеріали, адитивне виробництво, енергія* – створять руйнівні інновації.

Дослідження нових матеріалів та виробництва торкатимуться унікальних властивостей 2D матеріалів, нових методів 3D виробництва, унікальних конструкцій, розумних матеріалів, квантових моделей, нанотехнологій та біовиробництва. Генерація та зберігання енергії (наприклад, акумуляторів) може стати однією з найбільш руйнівних технологій.

Революція у дослідженні двовимірних матеріалів почалася після виділення і початкового опису характеристик графену, а нещодавно посилилася після вивчення сімейств топологічних ізоляторів та перехідних дихалкогенідів металів.

Окремі властивості графену перевищують властивості звичайних матеріалів, і поєднання цих властивостей є унікальним. Очікується, що це призведе до значного удосконалення матеріалів для застосування в аерокосмічній галузі (композитні конструкції), високочастотній електроніці (радіолокація, охолодження), функціональних покриттях (захист від обмерзання, корозії), накопиченні енергії (батареї, ультраконденсатори), камуфляжу (радіолокаційні поглиначі), зброї (енергетика, ракети), захисту (броня, текстиль), датчиках (фотоприймачі, тиск/деформація, хімічні речовини) та портативних пристроях (дисплеї). Інші нові 2D матеріали, такі як фосфорен [20], гексагональний нітрид бору [21] та дихалкогеніди перехідних металів [22] також продемонстрували унікальні властивості.

Фундаментальні властивості 2D матеріалів можуть стати критично важливими елементами для цілого ряду майбутніх технологій. Однак розвиток та застосування 2D матеріалів у військовій сфері протягом наступних 10-15 років, швидше за все, буде еволюційними.

Передбачається, що будуть досягнуті успіхи у поєднанні 2D матеріалів у формуванні нових класів шаруватих гетероструктурних матеріалів, а також у поєднанні їх з традиційними об'ємними матеріалами.

Ранні експерименти з дво-, тришаровими та скрученими листами графену [23] виявили їх чудові електричні властивості (тобто надпровідність) [24] і дали можливість отримати перспективні біосенсори [25]. Можна очікувати поліпшення їх міцності, терміну служби та зменшення ваги/габаритів.

Також передбачається, що ці експерименти призведуть до створення нових удосконалених пристроїв з такими властивостями:

- покращене інфрачервоне фотовизначення теплового зображення або більш швидка оптична модуляція широкосмугового зв'язку шляхом інтеграції зі звичайними напівпровідниковим пристроями;
- детектори біологічної та хімічної війни, біохімічні молекули;
- провідникові мембрани для гнучкої або друкованої електроніки [26];
- високошвидкісна електроніка для підтримки розроблення зображень визначення дальності (радар), а також терагерцових (ТГц) частот зв'язку;
- охолодження електроніки за рахунок чудової теплопровідності графену;
- розробка графенової оптоелектроніки та фотоніки для сонячних елементів, сенсорних екранів, фотоприймачів та надшвидких лазерів [27].

Сучасні дослідження 2D-матеріалів надзвичайно широкі – від генерації та зберігання енергії до оптоелектроніки і біохімічного зондування, а також до гнучких, легких, але механічно міцних тканин і полімерів.

З точки зору оборони, концентрація досліджень може бути направлена на ті технології, які дозволять забезпечити ключові переваги в найближчій та середньостроковій перспективі; однією з яких, ймовірно, буде оптоелектроніка.

Серед матеріалів найбільшою увагою користуються графен, кремній, топологічні матеріали:

- *Графен.* У промисловості проводяться випробування із застосування графену у різноманітних технологіях, що мають відношення до таких галузей, як електроніка, медицина, аерокосмічна промисловість, автомобілебудування, накопичення енергії, опріснення води, композити, покриття та фарби, сонячні технології, нафта та зв'язок;

- *Кремній,* який має додаткові властивості або стани, які становлять інтерес. Наприклад, чорний кремній, мікроструктурований кремній, який сильно поглинає видиме та інфрачервоне світло завдяки поверхневим пасткам з мікрошипами [28]. Він потенційно може бути застосований у виробництві фотодетекторів, систем нічного бачення та сонячних батарей;

- *Топологічні матеріали,* клас квантових матеріалів, квантові стани яких неприродно стійкі під час змін навколишнього середовища. Топологічні ізолятори [29] викликають особливий інтерес через незвичайне поєднання ізоляційних та провідних властивостей.

**Адитивне виробництво** (AM) або 3D-друк, як воно більш відоме, створює тривимірні тверді предмети практично необмеженої форми на основі цифрових моделей та різноманітних металів, пластмас і смол [30], під час якого послідовні шари матеріалу укладаються у різних формах. AM вже сильно впливає на комерційне виробництво та ланцюжки поставок.

Одержані виготовлені матеріали можуть мати унікальні властивості, які неможливі у виробництві звичайними методами. Технології AM можуть використовуватися, серед іншого, для прототипування, виробництва на місці та ремонту розгорнутої військової техніки, точного, нестандартного та унікального виробництва деталей.

Промисловість у розвитку 3D-друку з глобальним 3D ринком поліграфії збільшать обсяги реалізації продукції з \$5,8 млрд у 2016 році до \$55,8 млрд до 2027 року [31]. Протягом останніх 20 років технології, обладнання та AM розвиваються швидкими темпами і стають ключовим компонентом високоякісного виробництва та гнучкості щодо 7 основних технологій:

- VAT фотополімеризація (рідкий фотополімер вибірково полімеризується у ванні світловим випромінюванням);
- струменева обробка матеріалу;
- струменева обробка сполучників;
- екструзія матеріалу;
- наплавлення у порошковому шарі;
- ламінування;
- направлене виділення енергії.

Поточні методи АМ переважно застосовуються до обмеженого циклу виробництва, спеціалізованих конструкцій або прототипування і ще не знаходяться на рівні зрілості, необхідного для заміни традиційної механічної обробки та виробничих методів на широке, повнорозмірне промислове АМ виробництво.

Пов'язаний процес 4D-друку об'єднує 3D-друк із сучасними матеріалами, чутливими до умов навколишнього середовища. Ці матеріали запрограмовані на зміну форми або фізичної поведінки під дією впливу навколишнього середовища (наприклад, тепло, тиск, струм, світло тощо).

Відповідні нанотехнології – це процеси маніпулювання матеріалами в атомному масштабі, що часто призводить до нових характеристик матеріалу. Міністерство оборони Великої Британії прогнозує, що медичні наноботи та пристрої C4ISR із нанопосиленням почнуть використовуватися армією з 2030 року [32].

Розвиток все більш складних методів та інструментів для послідовного синтезу та маніпулювання генетичним матеріалом призвів до швидкозростаючої дисципліни синтетичної біології. Це відкрило нові підходи до досліджень та розробок матеріалів, виробництва у наномасштабах, біовиробництва та біопереробки. Вони використовують інженерні біологічні агенти (клітини, білки, гриби тощо) для збирання чи виготовлення широкого спектра продуктів, починаючи від фармацевтичних препаратів, органів, тканин, шкіри та навіть бетону [33]. Спеціалізовані біороботи або ксеноботи для нанорозмірного виробництва також знаходяться на ранній стадії розвитку.

**Енергія**, її накопичення та генерування є критичним аспектом підтримки поля бою, а все більш багатодоменний та нелінійний характер сучасних конфліктів вимагає величезних обсягів енергії.

Дослідження останніх 10 років просунули вперед методи зберігання електроенергії та відновлюваних джерел енергії. Ці досягнення ґрунтуються на розробці нових матеріалів, методах виробництва, управлінні енергією (наприклад, використанні ШІ) та підходах до збору енергії.

Енергетичні дослідження охоплюють широкий спектр тем та підходів відповідно до посилюючих суспільних та військових вимог і продовжуються прискорювальними темпами щодо збору, виробництва, зберігання та управління новою енергією, зокрема стосовно:

- поновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна та біопаливо;
- водню;
- термоядерного синтезу (синтез з інерційним утриманням, магнітне утримання);
- поділу (розплавлена сіль, торій, міні-реактори тощо);
- збирання енергії (бездротове, біо-, механічне);
- мережевого сховища;
- управління живленням з підтримкою ІІІ;
- акумуляторів (графен, вуглецеві нанотрубки, твердотільні, металеві-повітряні тощо).

*Передбачається, що майбутні вироби будуть мати меншу вагу, будуть міцнішими та енергоефективнішими завдяки застосуванню нових матеріалів. Зокрема, графен та інші 2D матеріали дозволять:*

- зменшити навантаження на обладнання (заміна громіздких компонентів легкими матеріалами та пристроями), що особливо важливо для операцій на далекі відстані та критично для авіаційні системи;
- вбудувати легку, гнучку електроніку у тканини;
- розробити більш швидку електроніку для зв'язку (ширша пропускна здатність) та покращені обчислення;
- покращити виявлення (слабких) сигналів (радіочастотних/мікрохвильових або оптичних), що розширює фізичний діапазон робочих платформ (для зв'язку, визначення дальності, візуалізації/пошуку тепла);
- створити мембрани, що захищають від біохімічної атаки або забезпечують підвищену чутливість до виявлення вибухових парів;
- розробити легкі ударостійкі матеріали для нових систем броні, яка значно легша за сучасні аналоги. Так, графен посилює міцність кераміки при руйнуванні, і, як очікується, це призведе до поліпшення балістичного захисту броні. Графен може покращити міцність та еластичні властивості балістичних волокон, таких як поліетилен надвисокої молекулярної маси;
- зменшити видимість для радіолокаторів усіх платформ (суші, моря та повітря) шляхом додавання графену до полімерів для радіолокаційних покриттів;
- зберігати енергію в ультраконденсаторах та акумуляторах з використанням накопичувача на основі графену;

- створити нові носимі пристрої. Очікується, що графен може бути корисним як покриття на текстильних виробах для обмундирування, для поліпшення стійкості до погодних умов, моніторингу за допомогою розумного/інтелектуального текстилю. Також можна покращити хімічний захист рукавичок, масок тощо;

- збільшити живучість автомобіля за рахунок зменшення відбиття та випромінювання електромагнітних хвиль за допомогою розумних покриттів.

Очікується, що *майбутні конкретні сфери застосування АМ* будуть включати:

- скорочення циклів проєктування та підвищення ефективності витрат/часу. АМ також може підтримувати оптимізацію дизайну без обмежень за допомогою звичайних обмежень обробки;

- покращені технічне обслуговування та логістику за рахунок скорочення запасів запасних частин (вдома, на суднах чи за кордоном), збільшення доступності запчастин та скорочення витрат на доставку;

- зниження витрат та підвищення ефективності нових конструкцій та дорогих виробів, особливо в аерокосмічному чи морському середовищі. Наприклад, монокристалічні лопаті турбіни, покриті теплоізоляційними покриттями, або надтихі деталі підводних човнів, передбачають складні конструкції та складну обробку матеріалів. Тому вони коштують дорого. Ефективний ремонт таких компонентів із застосуванням АМ значно знизить вартість володіння та збільшить експлуатаційну готовність;

- виготовлення спеціальних автономних систем зброї на замовлення та на місці.

До *специфічних застосувань синтетичної біології та нанотехнологій* відносяться:

- виробництво подібних до сировини матеріалів з підвищеною ефективністю, що забезпечує економію виробництва за рахунок масштабу, наприклад палива, продуктів харчування та будівельних матеріалів;

- унікальні можливості для обстеження навколишнього середовища та інших явищ, які на даний момент не виявляються або наявні у масштабах, необхідних для простору бою;

- створення спеціальних матеріалів, що мають особливі хімічні або фізичні властивості, включаючи ліки, харчові добавки та інші речовини, що потребують наномасштабних виробничих процесів.

*Подальші напрями науково-технологічних досліджень.* На сьогодні дослідження графену та 2D матеріалів знаходяться на ранній, але перспективній

стадії розвитку. Деякі застосування (ультраконденсатори, клеї та еластомери (гумові шини)) вже є комерційно доступними.

У короткостроковій перспективі (до 7 років) відбудеться еволюція у застосуванні ультраконденсаторів, клеїв, еластомерів, невибагливих волокнистих композитів (спортивне обладнання), деяких покриттів. У середньостроковій перспективі (8-10 років) очікуються досягнення щодо покриттів, зокрема багатофункціональних, камуфляжних, стійких до корозії.

Застосування біовиробництва на наномасштабному рівні зараз знаходиться на найнижчому рівні технологічної готовності. Передбачається, що дослідження синтетичних біологічних матеріалів та їх застосування розвиватиметься протягом наступних десяти - п'ятнадцяти років, досягнувши рівня впровадження у виробництво.

Технологія 3D/4D АМ вже використовується сьогодні в різних галузях промисловості для різних цілей, уваги заслуговують суттєві особливості застосування цієї технології для військових цілей.

## III ПРОГНОЗ НАПРЯМІВ НАУКОВИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ НА ОСНОВІ БД WEB OF SCIENCE TA DERWENT INNOVATIONS

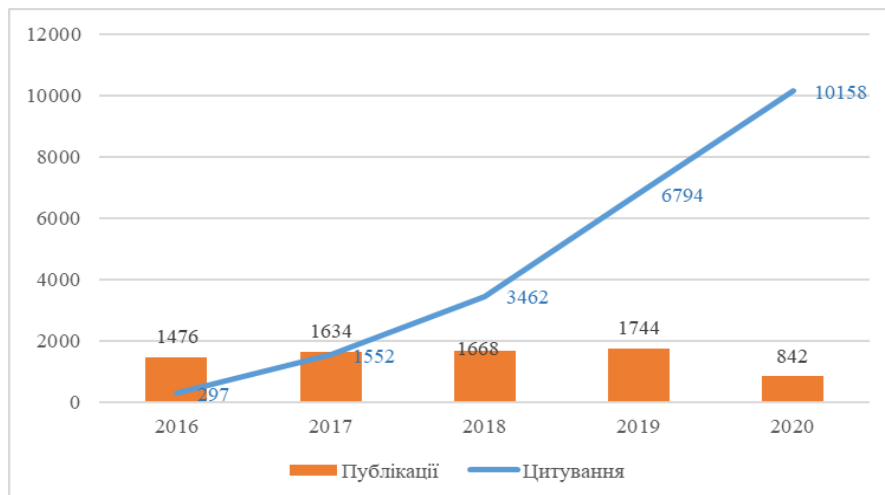
### 3.1 СФЕРА ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Цей розділ присвячений загальному аналізу перспективних технологій для всієї військової сфери. Такий аналіз здійснювався у 2 попередні роки [34, 36]. Цього року аналіз доповнено дослідженнями перспективних науково-технологічних напрямів за родами військ (розд. 3.2-3.5).

Методика прогнозування найбільш перспективних наукових і технологічних досліджень у сфері озброєння та військової техніки представлена у попередніх подібних публікаціях [34, 35, 36].

#### 3.1.1 Наукометричний аналіз

Система Web of Science за період 2016-2020 рр. визначила 8004 публікації у сфері озброєння та військової техніки. Публікаційна активність протягом 2016-2019 рр. зростала, але невисокими темпами, у 2020 р. кількість публікацій зменшилась порівняно із попереднім роком (рис. 3.1). У той же час цитування цих публікацій зростало значними темпами протягом всього аналізованого періоду, що свідчить про актуальність даної тематики у сучасному світі.



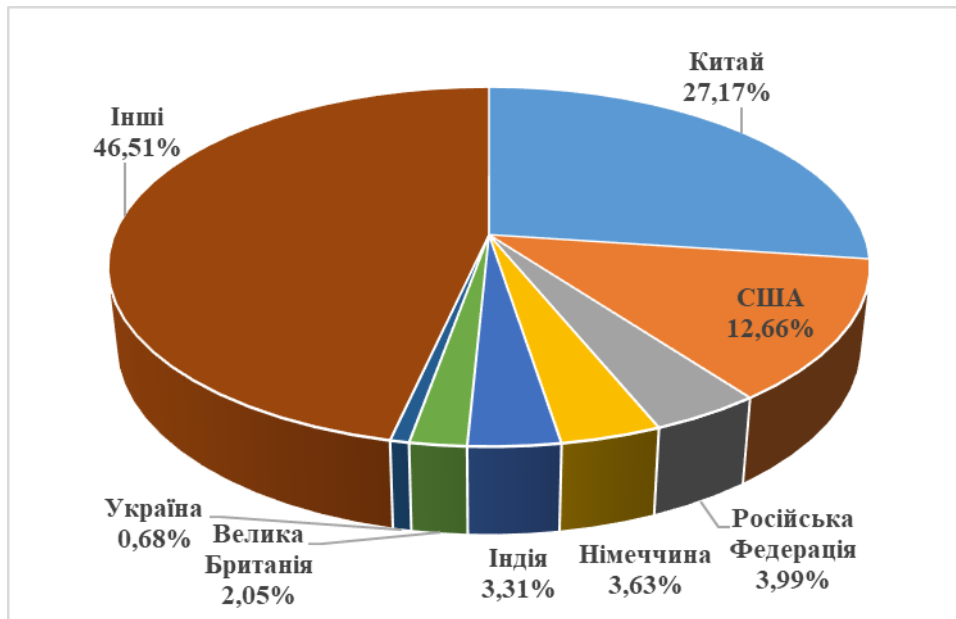
**Рис. 3.1** Динаміка публікаційної активності та цитованості публікацій у сфері озброєння та військової техніки у світі у 2016-2020 рр., од.

Джерело: розроблено авторами на базі даних *WebofScience*

Найбільш активними авторами є науковці Китаю, США, Російської Федерації, Німеччини та Індії (рис. 3.2). Цей перелік майже повторює перелік країн із найвищими військовими витратами у світі, тільки Німеччина із 7-им



місцем за обсягами військових витрат посідає 4-те місце за кількістю публікацій, а Велика Британія – 5-те та 6-те місця відповідно. Україна у цьому рейтингу за публікаціями займає 28 місце із 52.



**Рис. 3.2 Розподіл публікаційної активності науковців за країнами світу у сфері військового озброєння та військової техніки у 2016-2020 рр., %**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Найбільша кількість публікацій присвячена інжинірингу (49,3% загальної вибраної кількості), на другому місці розташувалися комп'ютерні науки (32,3%), на третьому – телекомунікації (18,0%) (рис. 3.3).



**Рис. 3.3 Розподіл наукових публікацій у сфері озброєння та військової техніки за науками у 2016-2020 рр. у світі, од.**

Джерело: WebofScience

Відбір найбільш перспективних наукових досліджень здійснюється за індексами публікацій та цитування публікацій, які наведені у табл. 3.1 для кожної галузі науки, за якими наявні публікації у військовій сфері.

Найвища публікаційна активність притаманна сферам: інжиніринг, комп'ютерні науки, телекомунікації, автоматичні контрольні системи, математика. Найвищий індекс публікаційної активності спостерігається у робототехніці, математиці, науці про матеріали, комунікаціях, фізиці. Найвищий індекс цитування публікацій властивий фізиці, науці про матеріали, оптиці, робототехніці, хімії. До наук з найвищими індексами як публікацій, так і цитувань відносяться фізика, наука про матеріали, робототехніка. Їх можна віднести до найбільш перспективних напрямів наукових досліджень у найближчому майбутньому.

**Таблиця 3.1 - Показники кількості наукових публікацій і цитувань публікацій за галузями наук сфери озброєння та військової техніки у світі у 2016-2020 рр.**

Галузі науки	Кількість публікацій, од.	Назва показника	Кількість публікацій і цитувань за роками, од.					Індекс (2019/2016* для публікацій, 2020/2016 для цитувань), %
			2016	2017	2018	2019	2020	
Інжиніринг	3948	Публікації	717	815	800	879	320	122,6
		Цитування	298	1075	2182	4396	6340	2127,5
Комп'ютерні науки	2564	Публікації	421	486	560	602	232	143,0
		Цитування	187	586	1258	2229	3266	1746,5
Телекомунікації	1440	Публікації	261	310	275	310	133	118,8
		Цитування	97	368	810	1676	2386	2459,8
Автоматичні контрольні системи	1082	Публікації	177	215	263	246	77	139,0
		Цитування	90	265	563	1041	1547	1718,9
Математика	1043	Публікації	166	219	232	263	78	158,4
		Цитування	115	396	681	1254	1715	1491,3
Хімія	946	Публікації	196	175	216	205	102	104,6
		Цитування	95	336	730	1643	2464	2593,7
Комунікації	842	Публікації	133	167	183	198	86	148,9
		Цитування	63	243	539	960	1467	2328,6
Інструменти	794	Публікації	156	169	160	172	69	110,3
		Цитування	114	365	760	1894	1965	1723,7
Оптика	710	Публікації	158	137	155	144	72	91,1

		Цитування	28	116	264	561	793	2832,1
Фізика	650	Публікації	104	140	144	151	81	145,2
		Цитування	51	213	535	1385	2111	4139,2
Бізнес економіка	642	Публікації	117	150	132	142	62	121,4
		Цитування	102	250	387	623	970	951,0
Робототехніка	545	Публікації	77	98	126	148	57	192,2
		Цитування	41	145	344	668	1065	2597,6
Матеріали	482	Публікації	73	108	88	115	68	157,5
		Цитування	72	236	592	1396	2292	3183,3

- - 2020 h/ - utgdys lfys
- Джерело: розроблено авторами на основі Web of Science

Більш детальний аналіз тематики публікацій за галузями науки / сферами дослідження (табл. 3.2) свідчить, що перспективними тематичними напрямками наукових досліджень є планування маршруту і траєкторії для БПЛА, бездротові і ретрансляційні мережі зв'язку, бездротові носії інформації, безпека Інтернету, даних, літаків (зокрема дронів), нові матеріали, зокрема для суперкондесаторів, зупинки кровотечі, фотодетекторів, з ефектом невидимості, біовугілля.

**Таблиця 3.2 - Перспективні тематичні напрями за сферами досліджень**

Сфера дослідження	Тематичні напрями
Інжиніринг	Тривимірне планування маршруту для безпілотних бойових повітряних суден Планування траєкторії безпілотних бойових літальних апаратів для отримання оптимального або майже оптимального маршруту польоту з урахуванням загроз та обмежень на бойовому полі проблема керування перехопленням літака і пілота за допомогою теорії скінченного часу Питання безпеки та конфіденційності БПЛА (дронів) Стратегії оптимальної оборони безпілотних літаків від ударної ракети Безпілотні повітряні системи
Комп'ютерні науки	Планування траєкторії безпілотних бойових літальних апаратів Модуль планування маршруту БПЛА Самоорганізована парадигма для розробки ефективних ретрансляційних мереж БПЛА для підтримки військових операцій Експлуатація БПЛА як ретрансляційного вузла в повітрі
Телекомунікації	Гіперспектральне зображення для перевірки і виявлення фальсифікатів у сумнівних документах за допомогою глибокого навчання Бездротові носії інформації, такі як радіочастотні, оптичні або акустичні для цілей дистанційного зондування (наприклад, радіолокації) та передачі даних Безпека Інтернету речей (IoT), блокчейн Фазовані решітки для використання у військових системах та цифрових процесорах Самоорганізована парадигма для розробки ефективних

	ретрансляційних мереж БПЛА для підтримки військових операцій
Математика	<p>Метод навчання для дослідження мереж деконволюції для класифікації сцен дистанційного зондування із семи категорій землекористування</p> <p>Картографування ґрунтів, їх класифікація та педологічне моделювання</p> <p>Алгоритми тривимірного планування маршруту для безпілотних бойових повітряних суден</p> <p>Метод проєктування контролерів зворотного зв'язку для керування перехопленням літака і Захисника</p> <p>Алгоритм планування оптимізації споживання енергії для БПЛА, який забезпечує конвергенцію мережі БПЛА з її унікальною робочою точкою рівноваги Неша</p> <p>Алгоритм стратегії оптимальної оборони літаків від ударної ракети</p> <p>Цифровий інтерфейс «людина-машина» для навчання на реальних стрільбищах</p>
Робототехніка	<p>Екзоскелетний робот</p> <p>Самоорганізовані бездротові мережі</p> <p>Планування маршруту для безпілотних бойових повітряних суден</p> <p>Інтернет дронів та його безпека</p> <p>Системи зв'язку на базі БПЛА</p>
Фізика	<p>Суперконденсатори</p> <p>2D наноматеріали для суперконденсаторів</p> <p>Фотодетектори зі сліпими сонячними батареями на основі окремих монокристалічних нанопроводів</p> <p>Природні та синтетичні біоматеріали для зупинки кровотечі,</p> <p>Складні та міцні плівки з кевларового аерогелю з нановолокна з високими можливостями невидимості</p>
Комунікації	<p>Метод дослідження мереж деконволюції для класифікації сцен дистанційного зондування</p> <p>Гіперспектральний аналіз зображень та його застосування у судовомедичній експертизі, обороні та національній безпеці, програмах дистанційного зондування</p> <p>Самоорганізовані бездротові мережі на основі малих літаючих роботів</p> <p>Шифрування для вирішення проблеми безпечного обміну даними в хмарних обчисленнях</p> <p>Технологія фазованих решіток для використання у цифрових процесорах</p>

Оптика	<p>Розробка еластичного, прозорого та прикріпленого до шкіри датчика деформації для інтерактивних пристроїв, військових додатків та розумних роботів</p> <p>Гнучкий ширококутний мікрохвильовий поглинач із самовідновленням для невидимості деформованих об'єктів, таких як роботи або складні крила</p> <p>Інфрачервоні фотоприймачі для приборів нічного бачення, відстеження військових ракет, медичного зображення, знаходження промислових дефектів, зондування навколишнього середовища та дослідження екзопланет</p> <p>Мікрохвильові та терагерцові стелс-матеріали на основі графену</p> <p>Оптично прозорі метаматеріальні мікрохвильові поглиначі для застосування у віконному склі прихованого озброєння та сумісних з електромагнітами будівель/споруд</p>
Матеріали	<p>Суперконденсатори як високопродуктивні накопичувачі енергії</p> <p>2D-матеріали суперконденсаторних електродів</p> <p>Біореактивне паливо</p> <p>Оксид галію (<math>Ga_2O_3</math>) як кандидат для певних класів силової електроніки</p> <p>Технологія фазованих решіток</p>
Хімія	<p>Матеріали електродів, електролітів (наприклад, пористі структури, схожі на папір/волокно, 3D) для конденсаторів енергії</p> <p>Синтетичні підходи, нові конструкції електродів та налаштування мікроструктури 2D-матеріалів для досягнення високої щільності енергії та потужності</p> <p>Оксид галію (<math>Ga_2O_3</math>) як життєздатний кандидат для певних класів силової електроніки</p> <p>Біовугілля</p> <p>Фотодетектори глибокого ультрафіолету</p>

Джерело: розроблено авторами на основі Web of Science

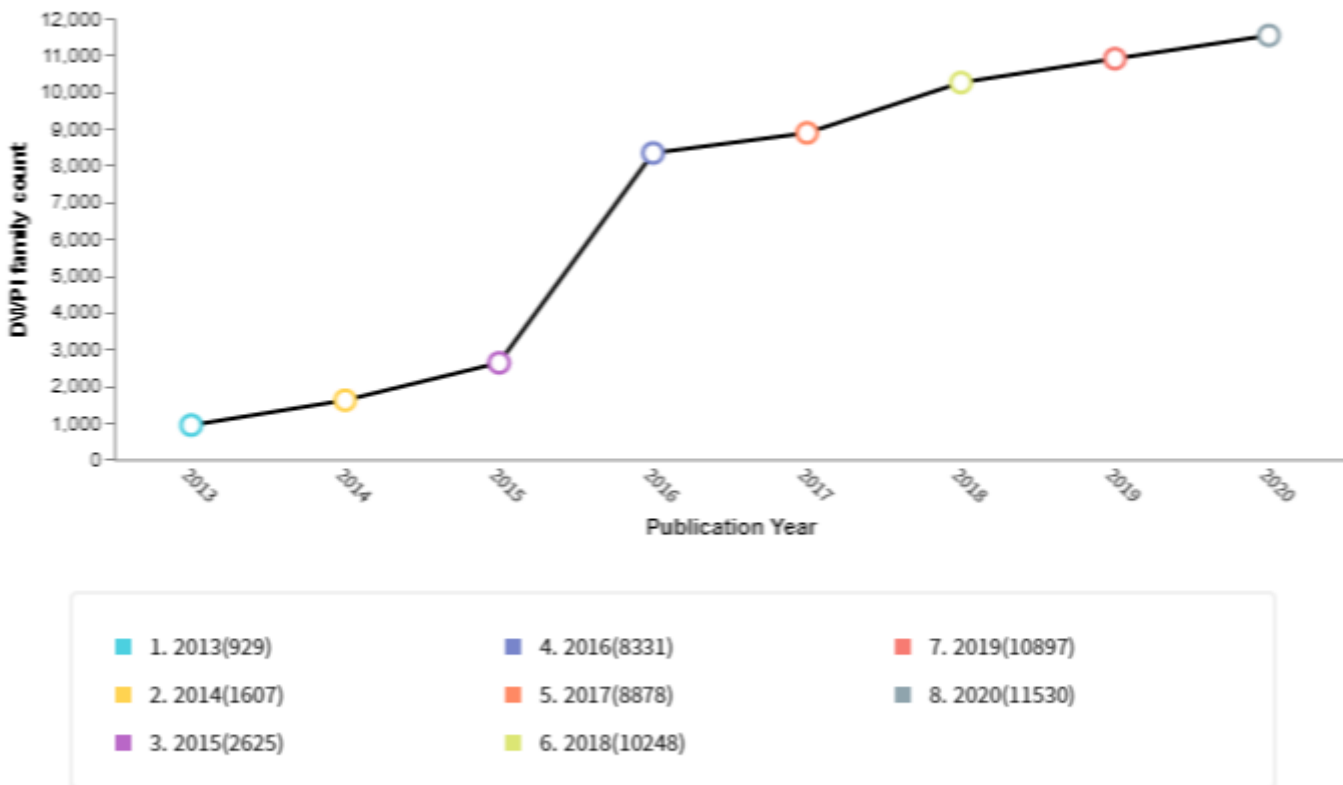
### 3.1.2 Патентний аналіз<sup>2</sup>

База даних Derwent Innovation містить 57242 патентних сімейства військового профілю. Динаміка публікації патентів протягом останніх 5 років є зростаючою із середньорічними темпами у 34,4 % (рис. 3.3).

Військові технології найбільше патентують у 4 патентних офісах світу: США, ЄС, Японія, Китай, що говорить про цілеспрямовані інвестиції в ці технології та широкий ринок винаходів у цих регіонах. Останніми роками винахідники подають заявки у більш ніж 4 патентні офіси світу, що свідчить про розширення ринків виробництва і придбання озброєння.

<sup>2</sup> Запит: SSTO=("ARMAMENT" "WARFARE SYSTEM" "MILITARY TECHNOLOGY" "MILITARY WEAPON AND EQUIPMENT") OR IC=(B63G OR F41 OR F42 OR G21J) AND PY>=(2016) AND PY<=(2020);

### Patent publishing trends

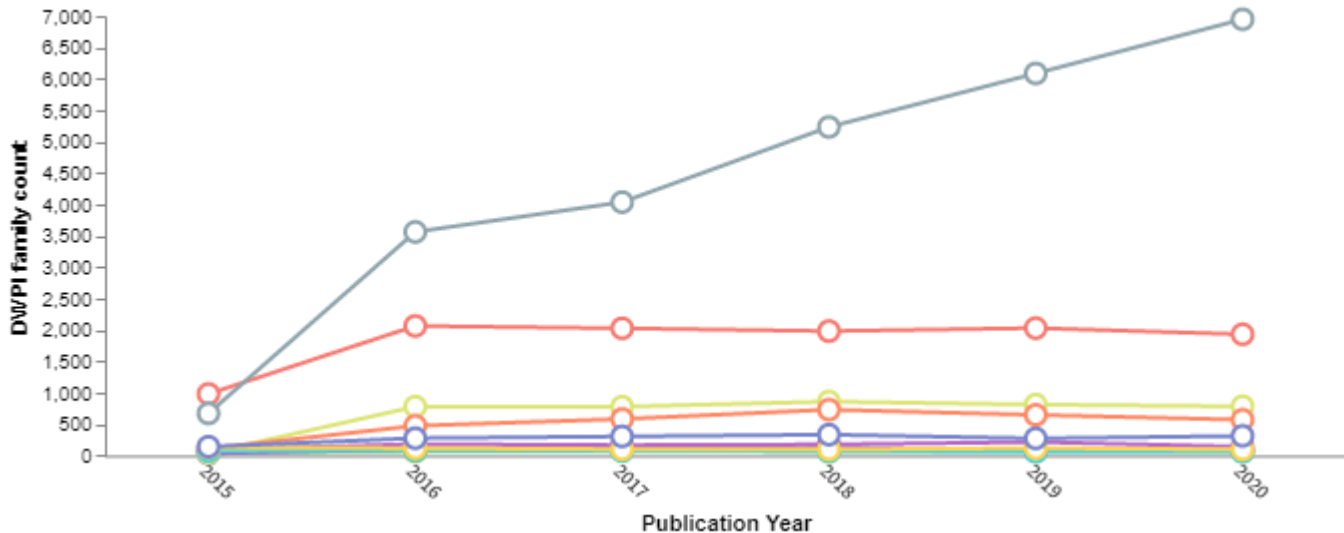


**Рис. 3.3** Динаміка патентування у сфері озброєння та військової техніки у світі, 2013-2020 рр., од.

Джерело: Derwent Innovation

Найбільше патентів за період 2016-2020 рр. отримали китайські розробники технологій (рис. 3.4), далі йдуть США, Росія, Корея та Німеччина. Найвищі середньорічні темпи росту патентування притаманні Російській Федерації (180,5%), Китай у цьому рейтингу посідає 2-е місце – 160,0%, далі йдуть Корея (138,0%), Німеччина (117,2%), Японія (109,8%). Для США характерні спадні темпи росту із патентування військових технологій, а середньорічні за останні 5 років становлять 99,0%.

Україна має 119 патентів або 0,1% загальної кількості військових патентів у базі Derwent Innovation.



1. Китай (26537)
2. США (11020)
3. Росія (4058)
4. Корея (3122)
5. Німеччина (1648)
6. Японія (976)
7. Франція (663)
8. Тайвань (560)
9. Велика Британія (466)
10. Інші країни (367).

**Рис. 3.4** Динаміка публікації патентів за пріоритетними країнами походження патенту, 2015-2020, од.

)  
Джерело: Derwent Innovation

Патентний ландшафт військової сфери свідчить про насиченість патентами багатьох військових сфер (рис. 3.5). Патентно-ненасичені ділянки стосуються магнітних, флуоресцентних матеріалів; системи подачі водню, що використовується для військових підводних човнів; інструменту для обслуговування ствола гармати; куленепробивної керамічної композитної броні; системи безпеки морських суден або плавучих засобів тощо. Більш детальна інформація наведена далі в оглядах за родами військ.



**Рис. 3.5** Ландшафтна карта патентів у військовій сфері, 2016-2020

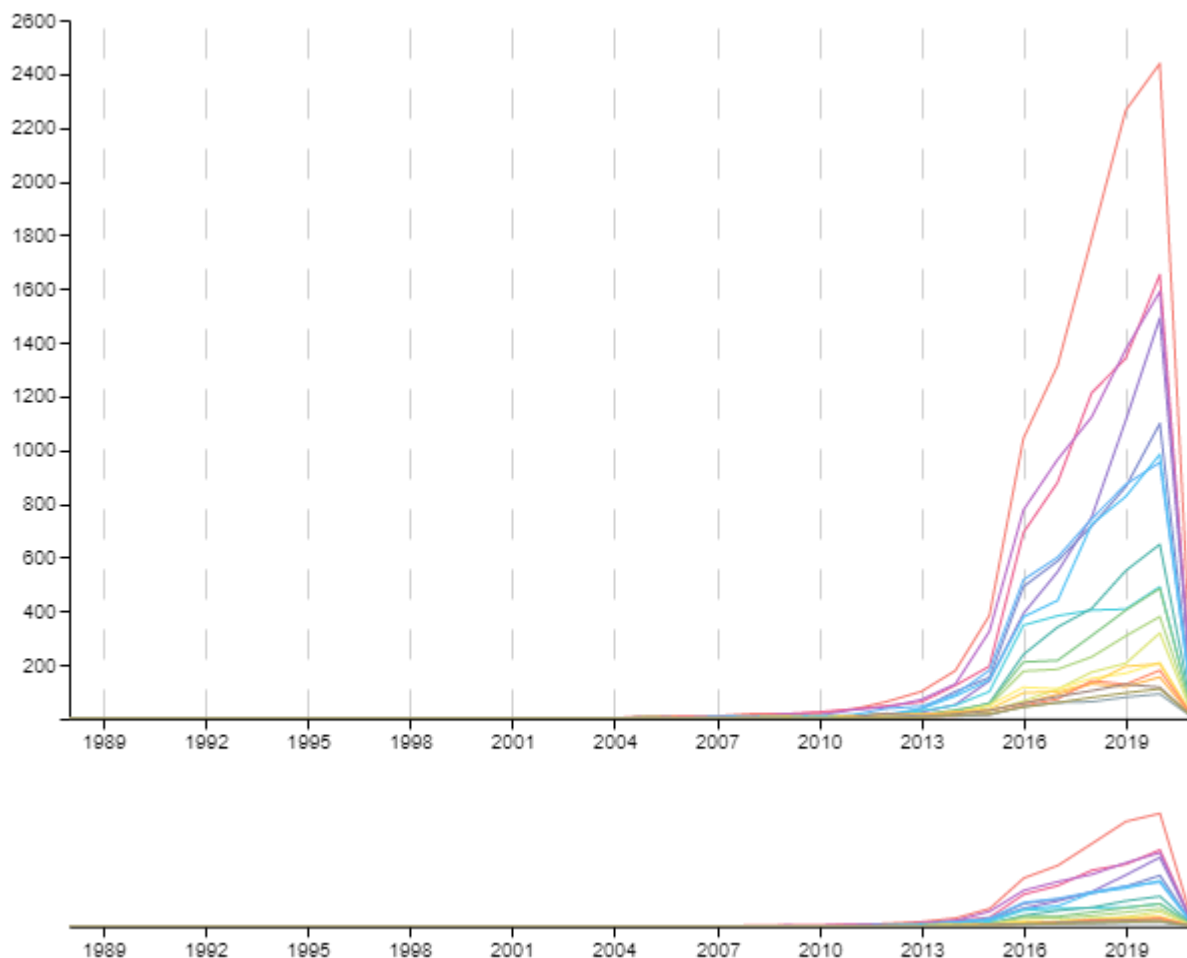
Джерело: Derwent Innovation

Детальний аналіз динаміки патентування виявив перспективні напрями всієї військової сфери, до яких відносяться:

- вибухові заряди, пули, боєприпаси, кумулятивний ефект, вибухонебезпечний (F42B);
- броня, броньові башти, броньовані або бойові транспортні засоби, засоби наступу або оборони (F41H);
- функціональні ознаки або деталі, спільні для стрілецької і артилерійської зброї (F41A) (рис. 3.6).

Патенти з цих трьох підкласів за останні 5 років зустрічаються у 51% записів з відібраного набору патентів. При цьому підклас F41A розташований на ділянках різного кольору ландшафтної карти (рис. 3.7), а перші два підкласи – переважно на білих і коричневих ділянках. Підклас F41A виглядає більш перспективним для технологічних досліджень, ніж F42B і F41H, але в кожному з них є більш перспективні піднапрями порівняно з піднарямами F41A (табл. 3.2, рис. 3.8).





**Рис. 3.6** Динаміка патентування за основними підкласами перспективних напрямів розвитку військової сфери

- 1) Вибухові заряди, пуля, боеприпаси, кумулятивний ефект, вибухонебезпечний (F42B)
- 2) Броня; броньові башти; броньовані або бойові транспортні засоби; засоби наступу або оборони (F41H)
- 3) Функціональні ознаки або деталі, спільні для стрілецької і артилерійської зброї (F41A).
- 4) Детонатор, бомба, підривні роботи, мінування (F42D).
- 5) Зброя для метання снарядів без використання вибухового або горючого метального заряду, стрільба, пістолет, артилерійський, металевий (F41B)
- 6) Прицільні пристосовання; наведення, спостережати, зброя, вогневий, гвинтівка (F41G)
- 7) Суднові засоби нападу або захисту; ставлення мін; тралення мін; підводні човни; авіаносці, підводні апарати, морський (B63G)
- 8) Стрілецька зброя, пістолет (F41C)
- 9) Детонатор, зривники боеприпасів, піротехніка, боеприпаси (F42C)
- 10) Пристрої для пуску снарядів або реактивних снарядів із стволів (F41F).

Джерело: Derwent Innovation

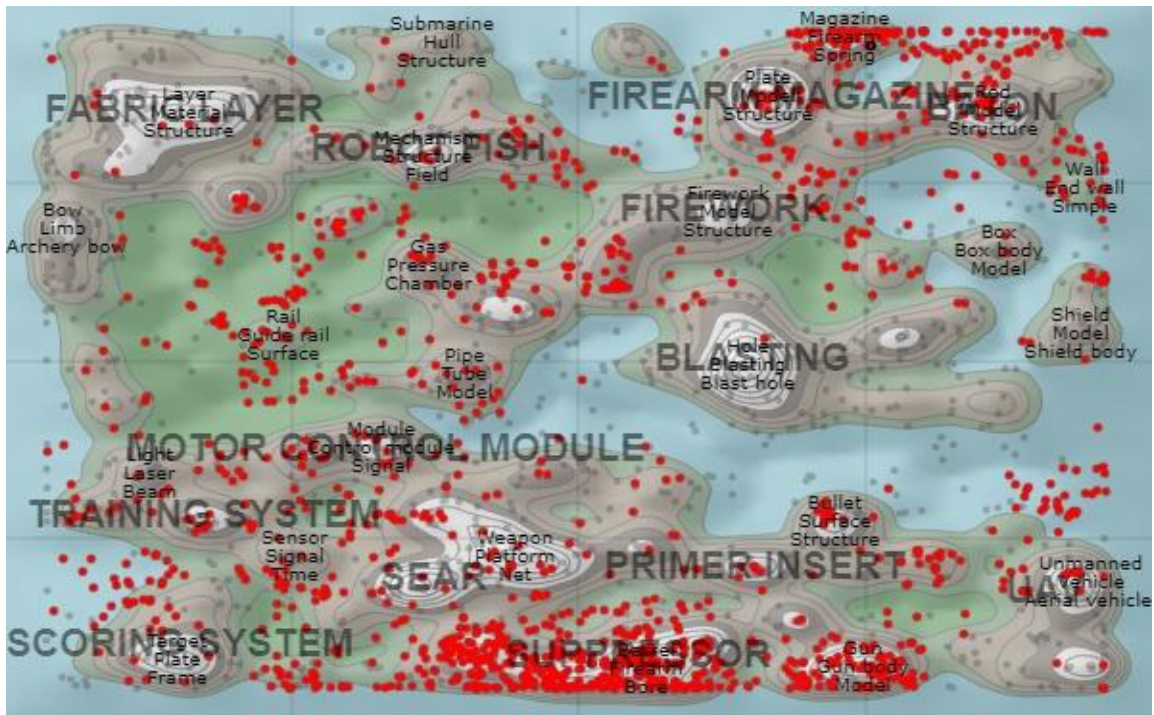


Рис. 3.7 Розташування патентів підкласу F41A на ландшафтній карті патентів військової сфери

Джерело: Derwent Innovation

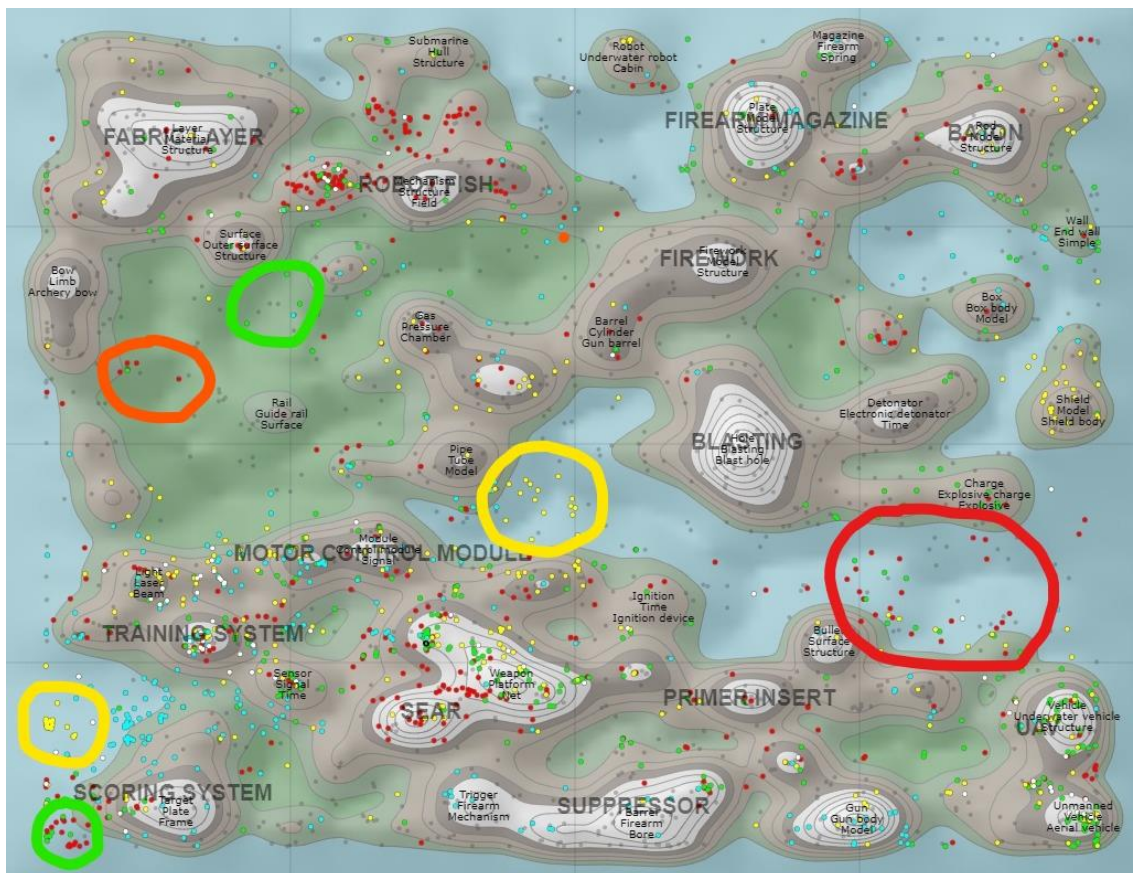


Рис. 3.8 Розташування патентів підкласів F41A (блакитні крапки) та F42B (червоні крапки) і F41N (жовті і зелені крапки) на ландшафтній патентній карті військової сфери

Джерело: Derwent Innovation

Також перспективними є підкласи щодо засобів безпеки, саморухливих і керованих снарядів, стрілецької зброї, зривників боєприпасів, пристроїв для пуску снарядів і прицільних пристосовань, підривних робіт і пристроїв для підривання, пристосування для навчання і випробувань тощо (табл. 3.3).

**Таблиця 3.3 - Групи перспективних технологій у сфері озброєння та військової техніки за кодами Міжнародної патентної класифікації**

Підклас	Група	Назва підгрупи	Індекс патентування (2020/2016), %
F42B	F42B0015	Саморухливі снаряди або реактивні снаряди, наприклад ракети; керовані снаряди	203,2
	F42B0035	Випробовування або контроль боєприпасів	225,0
F41H	F41H0011	Оборонні споруди; оборонні пристрої. Засоби для знешкоджування або виявлення протипіхотних мін	242,3
F41A	F41A0033	Пристосовання для навчання; імітатори ствольної зброї	208,7
F41J	F41J0001	Мішені; мішенні стенди; тримачі мішеней	208,8
F42D	F42D0001	Способи або пристрої для підривання, наприклад способи або пристрої для закладання або набивання підривних зарядів	237,7
	F42D0003	Підривні роботи спеціального призначення	242,7
	F42D0005	Засоби безпеки	252,8
F41B	F41B0015	Інші види зброї	145,2
F41G	F41G0003	Засоби прицілювання або наведення	138,0
B63G	B63G0008	Підводні судна, наприклад підводні човни	177,9
F41C	F41C0033	Засоби для носіння або перевезення стрілецької зброї	111,7
F42C	F42C0021	Перевіряння зривників; випробовування зривників	228,0
F41F	F41F0003	Пускові установки для ракет або торпед	160,0

Джерело: Розроблено авторами на основі Derwent Innovation

За ключовими словами глобальних трендів (за публікаціями міжнародних агентств) та наукових публікацій у військовій сфері перспективними є технології дронів, штучного інтелекту, безпеки літальних апаратів, електрифікації військового транспорту, альтернативної енергетики, гіперзвукових технологій тощо (табл. 3.4). У той же час, патентний аналіз щодо квантових технологій, біотехнологій, безпеки Інтернету, бездротових носіїв інформації та суперконденсаторів не показує суттєвого зростання кількості патентів, не дивлячись на значну зацікавленість такою тематикою у науковій сфері, що може свідчити про те, що ці технології ще знаходяться на рівні наукових досліджень і тільки виходять на ринок інтелектуальної власності.

Таблиця 3.4 – Динаміка патентування перспективних технологічних напрямів у сфері озброєння та військової техніки за ключовими словами, од.

Тематичний напрям	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020/ 2016, %	Середньо- річний темп росту, 2016-2020, %
Дрон	19	91	115	210	234	288	316,5	172,2
Робот	13	68	73	86	85	84	123,5	145,2
Ретрансляційна мережа	5	5	9	10	16	10	200,0	114,9
Бездротові носії інформації	3	4	5	3	5	3	75,0	100,0
Безпека Інтернету			2	2	2			
Безпека літальних апаратів	29	60	71	74	96	82	136,7	123,1
Суперконденсатор	13	18	16	15	20	17	94,4	105,5
Нові матеріали	6	32	19	32	29	32	100,0	139,8
Фотодетектор	14	49	31	35	58	54	110,2	131,0
Ефект невидимості	9	26	37	23	40	39	150,0	134,1
Гіперзвуковий	9	40	29	43	46	47	117,5	139,2
Квантові технології	2	6	6	8	3	4	66,7	114,9
Великі дані	13	279	222	311	117	40	14,3	125,2
Штучний інтелект	14	29	43	56	75	88	303,4	144,4
Електрифікація	3	11	16	14	22	26	236,4	154,0
Альтернативна енергетика	8	12	18	23	18	23	191,7	123,5

Джерело: Розроблено авторами на основі Derwent Innovation

Порівняння результатів наукометричного і патентного аналізу дає підставити віднести до прогнозованих перспективних напрямів науково-технологічного розвитку найближчого майбутнього такі напрями:

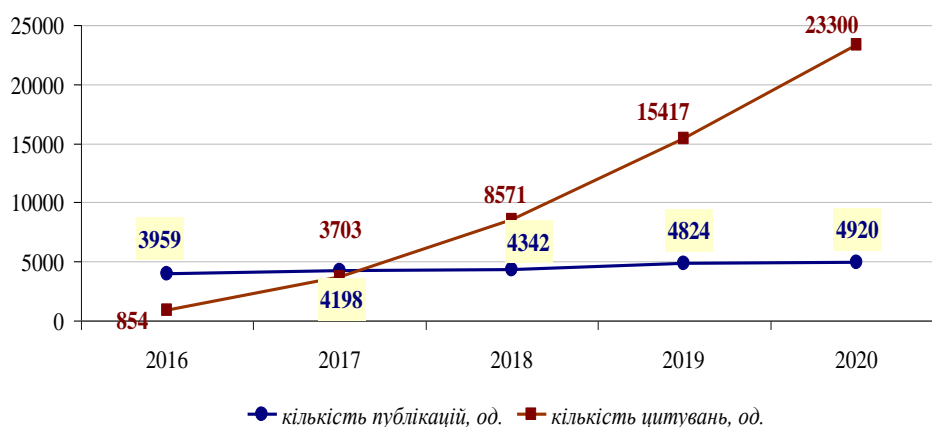
- безпілотні транспортні засоби та робототехніка;
- підводний транспорт, зокрема підводні човни;
- штучний інтелект;
- гіперзвукове озброєння;
- нові матеріали, зокрема з ефектом невидимості, броньовані;
- електрифікація військового транспорту;
- альтернативні джерела енергії;
- безпека літальних апаратів;
- навчання і підвищення кваліфікації особового складу.

## 3.2 СУХОПУТНІ ВІЙСЬКА

### 3.2.1 Наукометричний аналіз

За тематикою «Сухопутні війська»<sup>3</sup> за період 2016-2020 рр. кількість знайдених публікацій у світі складає 22242 од. Відповідно, кількість українських публікацій становить 334 од. або 1,6 % від загальної кількості публікацій за даною тематикою у світі.

Загальна публікаційна активність у світі за зазначеною тематикою за 2016-2020 рр. дуже помірно зростає, досягнувши у 2020 р. кількості 4920 одиниць, що у 1,2 разу більше показника 2016 р. Кількість цитувань за даною тематикою також зростала щорічно в межах 2849-7883 цитувань; у 2020 р. вона досягла 23300 одиниць, що у 27 разів більше, ніж у 2016 р. (рис. 3.9).



**Рис. 3.9** Динаміка публікаційної активності та цитувань у світі за тематикою «Сухопутні війська» у 2016-2020 рр.

Джерело: Web of Science

Найбільша кількість публікацій у світі за напрямом досліджень у 2016-2020 рр. припадає на Інженерію – 2318 (9,4% від загальної кількості публікацій за зазначеною тематикою); Екологію – 1407 (5,7%); Інформатику – 1182 (4,8 %) (рис. 3.10).

<sup>3</sup> Запит TS=(Military OR defense) Уточнено за ТЕМА: (Land OR ground OR Arm\*

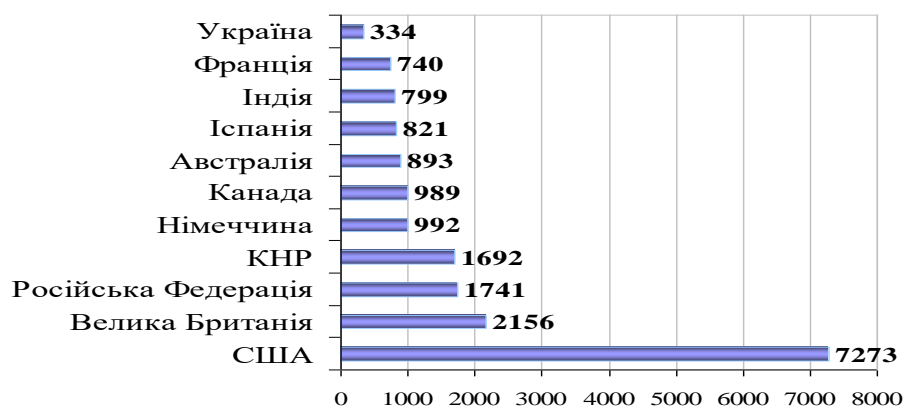




**Рис. 3.10 Кількість публікацій у світі за напрямками досліджень за тематикою «Сухопутні війська» у 2016-2020 рр., од.**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Аналіз публікаційної активності країн світу у 2016-2020 рр. показує, що найбільша кількість публікацій за визначеною тематикою припадає на такі країни: США – 7273 од.; Велика Британія – 2156; Російська Федерація – 1741; КНР – 1692. Україна з показником 334 публікації займає 18 місце серед країн світу (рис. 3.11).



**Рис. 3.11 Публікаційна активність у розрізі країн у 2016-2020 рр.**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

### ***Аналіз публікаційної активності у світі за ключовими словами, що стосуються тематики «Сухопутні війська»***

Шляхом варіювання ключових слів і словосполучень відібрано 48 ключових словосполучень, за якими отримано кількісні показники (не рівні нулю) публікаційної активності та їх цитування за визначеною тематикою (див. Додаток А).

Ключові слова та словосполучення були поділені на чотири групи:

- *військова техніка механізованих і танкових військ*: Бойовий танк «battle tank»; бойова машина піхоти «infantry fighting vehicle»; бронетранспортер

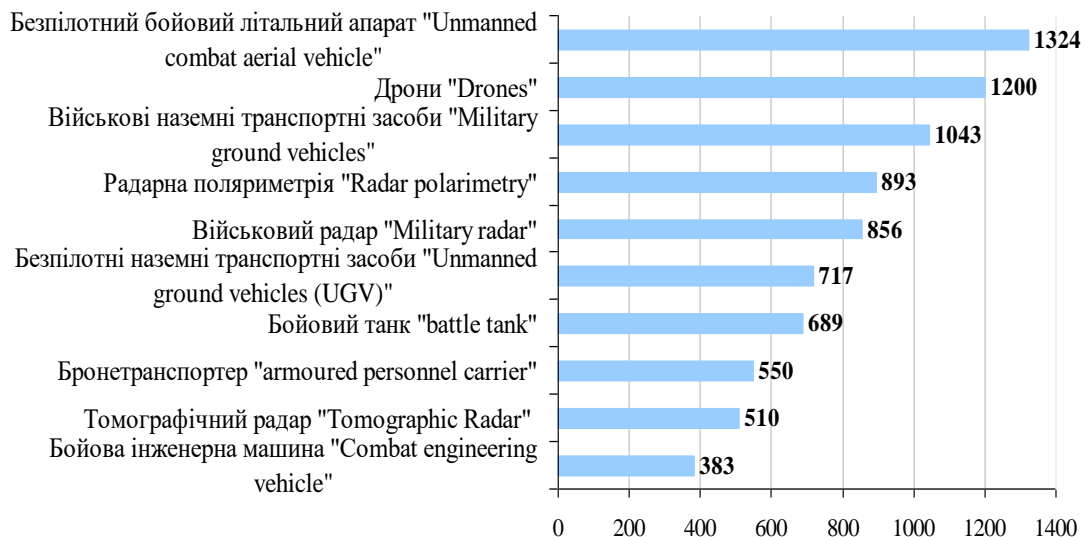
«armoured personnel carrier»; винищувач танків «tank destroyer»; військові наземні транспортні засоби «Military ground vehicles»; безпілотні наземні транспортні засоби «Unmanned ground vehicles (UGV)»; бойова інженерна машина «Combat engineering vehicle»; машина для розмінування «Mine clearing vehicle»; військовий радар «Military radar»; томографічний радар «Tomographic Radar»; радарна поляриметрия «Radar polarimetry»;

- *системи озброєння*: артилерія «Artillery»; ракетно-артилерійський «Missile-artillery»; тактична балістична ракета «Tactical ballistic missile»; зенітний «Anti-aircraft»; стрілецька зброя «Small Arms»; легке озброєння «Light Weapons»; ручна граната «Hand grenade»; граната «Grenade»; гвинтівкова граната «Rifle Grenade»; димова граната «Smoke grenade»; боєприпаси «Munitions»; гранатомети «Grenade launchers», протитанкова зброя «Anti-Tank Weapons»; протитанкова ракета «Anti-tank missile»; протитанкова керована ракета «Anti-tank guided missile»; переносні системи протиповітряної оборони «Man-portable air-defense systems»; міномети «Mortars»; точна зброя «Precision weapons»; лазерна зброя «Laser weapons»; високоточна зброя «High-precision weapons»; системи точного удару «Precision-strike systems»; системи озброєння «Weapon systems»; розмінування «Mine Clearance»; наземні міни «Land mines»;

- *роботизовані, автономні і дистанційно керовані засоби*: робототехніка «Robotics»; польова робототехніка «Field robotics»; роботизована система «Robotic System»; роботизована зброя «Robotic weapons»; дистанційна зброя «Remote weapons»; безпілотні платформи «Unmanned platforms»;

- *військові технології*: протиракетна оборона «Missile defense»; протиповітряна оборона «Air defence»; оборонна технологія «Defence technology»; ракетна технологія «Rocket technology»; автоматичне виявлення цілі «Automatic target detection»; розпізнавання цілей «Target recognition»; розвідувально-ударний «Reconnaissance-strike»; спостереження та розвідка на полі бою «Battlefield surveillance and reconnaissance»; кібербезпека «Cybersecurity»; кібервійна «Cyberwarfare»; інтерфейс робота «Robot interface»; доповнена реальність (AR) «Augmented Reality (AR)»; навігація «Navigation»; штучний інтелект (AI) «Artificial intelligence (AI)»; квантові технології «Quantum technologies»; Інтернет дронів «Internet of Drones (IoD)»; лазерна технологія «Laser technology»; інфрачервона система відеоспостереження «Infrared video surveillance system»; зв'язок 5 G «Communication 5 G»; система накопичення енергії (ESS) «Energy storage system (ESS)»; солдат майбутнього «Future Soldier»

За перший групою «*Військова техніка механізованих і танкових військ*» найбільша кількість публікацій/цитувань характерна для безпілотного транспорту, бронетранспортерів, радарів (рис. 3.12).



**Рис. 3.12** ТОП-10 ключових слів / словосполучень за темпами зростання (спаду) кількості цитувань у групі «Військова техніка механізованих і танкових військ» (2016-2020 рр.)

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Для цієї групи можна навести наступні тематики публікацій:

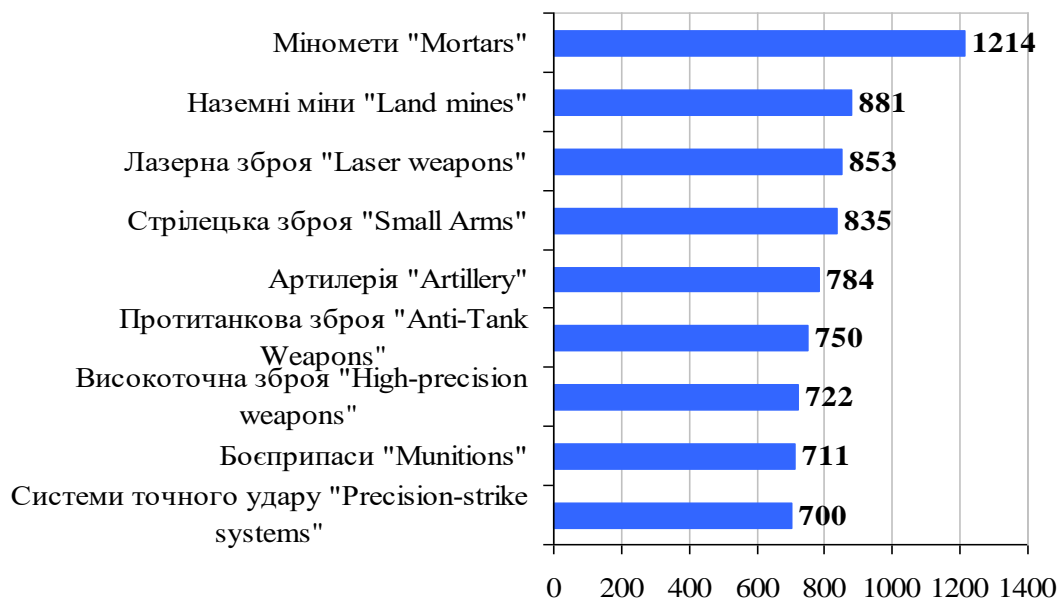
- застосування титанових сплавів для наземних систем армії;
- прогнозування теплового камуфляжу за допомогою систем моделювання PRISM та РМО;
- засоби пожежогасіння для захисту екіпажу у наземних військових транспортних засобах;
- методологія експериментів по оцінці конфігурації основного бойового танка нового покоління;
- метод виявлення військової техніки за допомогою акустичних датчиків і нейронної мережі;
- удосконалена технологія визначення рухомих цілей на основі традиційного радара з синтезованою апертурою і новою методикою розпізнавання, заснованої на метриці зваженого ексцесу;
- кореляційне дослідження сигнатур зображень наземної цілі ДВЧ/УВЧ радара з інвертованою синтезованою апертурою;
- застосування системи дронів із магнітометром для виявлення мін в демілітаризованій зоні;
- формальний підхід для запобігання атак з виявленням дронів: систематика нових механізмів 3D-обфускації;
- виявлення дронів на основі RSS за наявності радіочастотних інтерференцій;
- томографічний радар із синтезованою апертурою на БПЛА для виявлення наземних мін;



- технологія радіолокаційного виявлення людини на основі пасивного радара, який не випромінює сигнали і використовує випромінювання комерційних передавачів мобільного зв'язку стандарту LTE з частотою 1,8 ГГц;
- проєкт NORMA, що пропонує використання мережі шумових радарів з можливістю прихованого спостереження і спостереження з низькою ймовірністю перехоплення;
- класифікація наземних військових транспортних засобів за амплітудами гармонік у часовій області;
- виявлення рухомих наземних цілей за допомогою сейсмічного сигналу з використанням плавного псевдорозподілу Вігнера-Віллі;
- надійне виявлення транспортних засобів на основі частотно-часового аналізу за допомогою сейсмічного датчика;
- спостереження за наземної ціллю за допомогою безпілотного літального апарату з нерухомим крилом при прольоті над нею та прольоті на далекій відстані на основі єдиної методики керування в ковзному режимі.

За другою групою «Системи озброєння» найбільша кількість публікацій/цитувань виявлена за такими напрямками (рис. 3.13):

- боєприпаси;
- артилерія;
- точна зброя;
- лазерна зброя;
- наземні міни;
- розмінування.



**Рис. 3.13** ТОП-10 ключових слів / словосполучень за темпами зростання (спад) кількості цитувань у групі «Системи озброєння» (2016-2020 рр.)

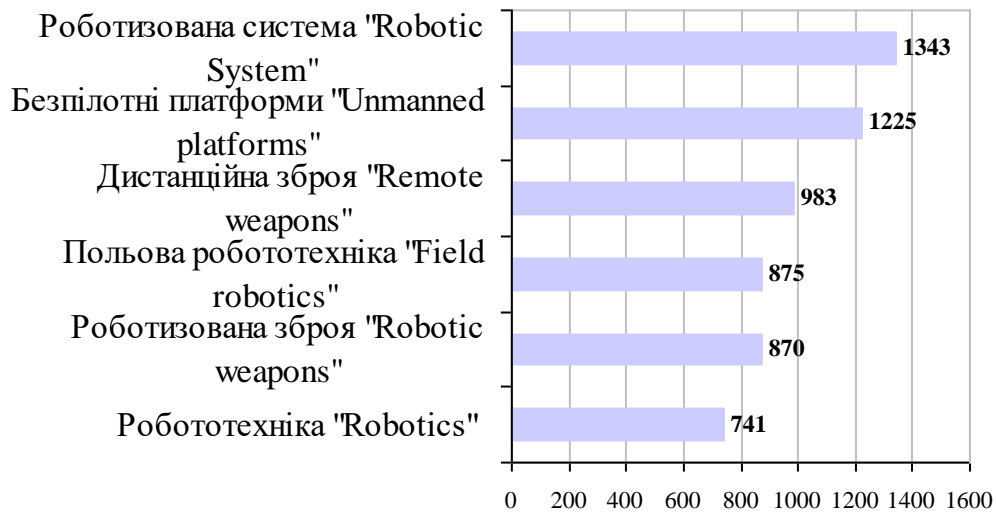
Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Для цієї групи найбільш актуальні наступні тематики публікацій:

- нелінійне моделювання динаміки ракети, схеми управління, а також алгоритми наведення;
- мініатюрний механічний запобіжний пристрій (SAD) з механізмом затримки спрацьовування аварійного спуску для артилерійського детонатора;
- оптимізація інтервалів динамічних характеристик конструкції артилерійської системи в умовах невизначеності;
- метод вимірювання високої швидкості обертання снарядів з використанням магніторезистивного датчика на основі аналізу в частотно-часовій області;
- новий метод метаевристичної оптимізації: алгоритм інноваційного стрілка (AIG);
- поліноміальне наведення для управління кінцевою швидкістю тактичних балістичних ракет;
- багатоканальна пасивна система ППО ближньої дії;
- налагодження лінійно-квадратичної системи стабілізації зенітної ракети;
- фізичне моделювання та симуляція гусеничної системи основного бойового танка для реалістичною 3D-ігри;
- модель альтернативної системи навігації для високоточної зброї;
- методологія експериментів по оцінці конфігурації основного бойового танка нового покоління;
- система управління гарматою основного бойового танка за допомогою математичної моделі системи управління зброєю, що змодельована в SIMULINK;
- застосування лазерів у тактичних військових операціях;
- демонстраційний зразок високоенергетичного лазера для оборонних застосувань.

За третьою групою *«Роботизовані, автономні і дистанційно керовані засоби»* найбільша кількість публікацій/цитувань за наступними ключовими словами / словосполученнями:

- робототехніка;
- роботизована система;
- роботизована зброя;
- дистанційна зброя;
- безпілотні платформи (рис. 3.14).



**Рис. 3.14** ТОП-6 ключових слів / словосполучень за темпами зростання (спаду) кількості цитувань у групі «Роботизовані, автономні і дистанційно керовані засоби» (2016-2020 рр.)

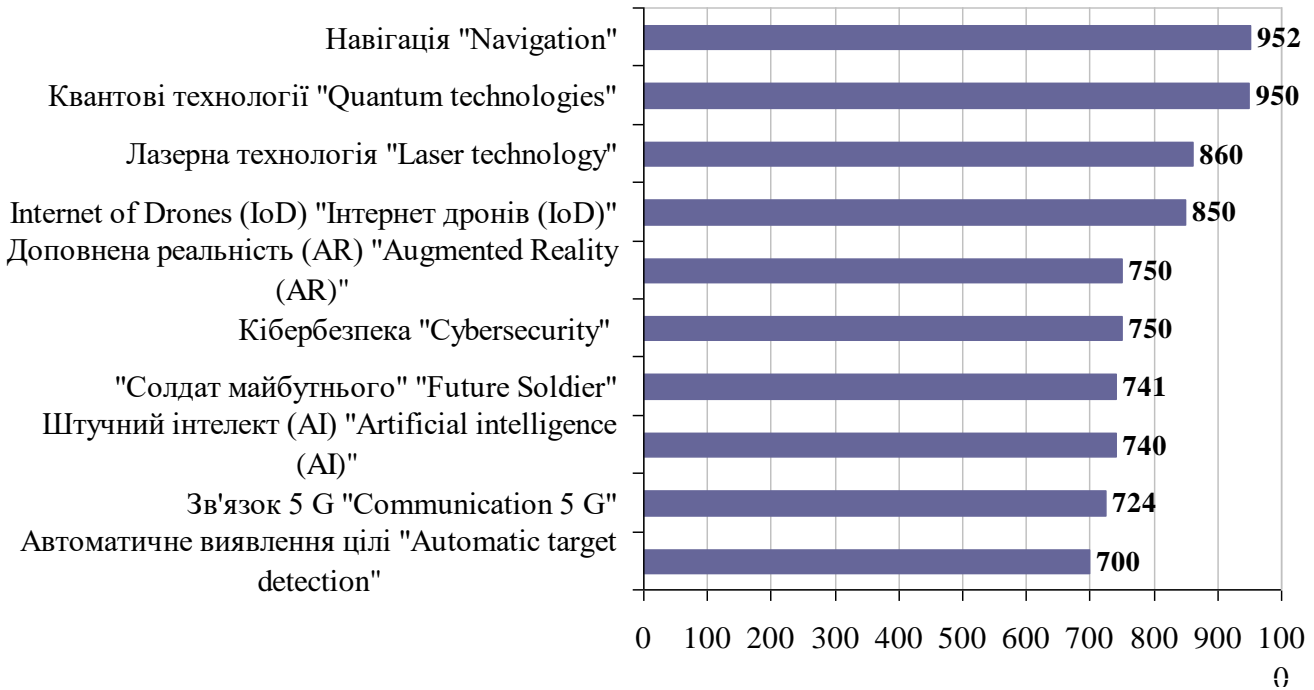
Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

До цієї групи відносяться наступні тематики публікацій:

- платформа високопродуктивних обчислень для фізичного моделювання і симуляції наземних транспортних засобів військового призначення;
- допоміжні траєкторії для мобільних робототехнічних платформ, що працюють безперервно;
- застосування систем управління з нечіткою логікою у військових платформах;
- підхід до забезпечення взаємодії між військовими наземними транспортними засобами і робототехнічними системами;
- безпілотний наземний транспорт (UGV) - бот оборони;
- одночасне застосування роботизованих маніпуляторів, встановлених на мобільній базі або дроні;
- невербальна передача стану і намірів роботи в ситуаціях, що мають відношення до військового використання;
- роботизовані автономні системи для земляних робіт у військових цілях;
- поєднання мобільного робота з паралельною навігацією;
- оцінка системи прогнозування у високошвидкісних дистанційно керованих військових UGV;
- етика та новітні технології: викладання філософії за допомогою системи роботизованої зброї.

За четвертою групою «Військові технології» найбільшу кількість публікацій/цитувань отримано за наступними ключовими словами / словосполученнями:

- протиповітряна оборона;
- оборонна технологія;
- ракетна технологія;
- зв'язок 5 G;
- навігація (рис. 3.15).



**Рис. 3.15 ТОП-10 ключових слів / словосполучень за темпами зростання (спаду) кількості цитувань у групі «Військові технології» (2016-2020 рр.)**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

У цій групі можна навести наступні тематики публікацій:

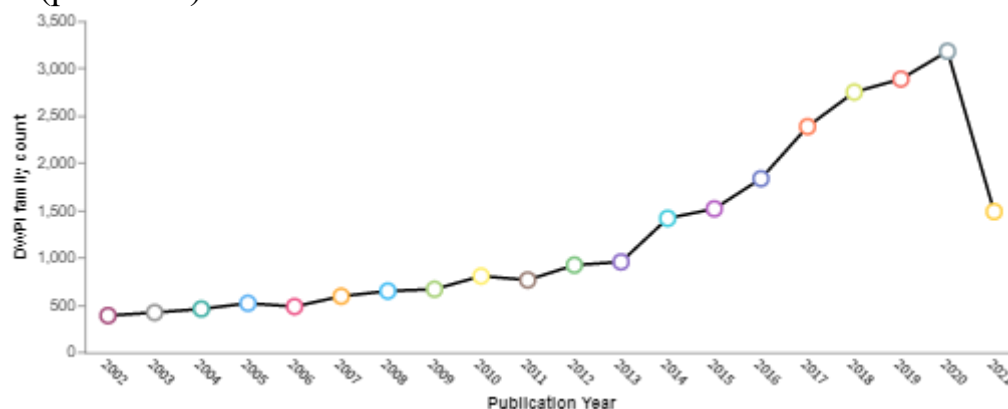
- схема безпечної доставки і збору даних на основі блокчейна для середовища Інтернету дронів з підтримкою Інтернету речей на базі 5G;
- поєднання програмно-визначених і стійких до затримок підходів у тактичної прикордонної мережі «останньої милі»;
- моделювання і розрахунки алгоритмів керування положенням БПЛА для подолання проблеми інтерференції і перешкод у трирівневих мережах супутник-БПЛА-наземна станція, в т.ч. у разі мережі Інтернету речей;
- розробка алгоритмів і програм дій та комп'ютерне моделювання для їх перевірки спільної дії наземних і повітряних безпілотних бойових апаратів в міських умовах;
- дистанційна війна з підтримкою штучного інтелекту;
- структура імітації кібер-нападів та оборони;
- захист безпілотних автономних систем від кіберзагроз;

- вибір акумуляторів енергії для розробки електрифікованих військових транспортних засобів наступного покоління;
- вдосконалена система розподілу ресурсів енергоспоживанням на основі правил для підвищення паливної економічності гібридних гусеничних електромобілів;
- рамки для вибору накопичувача енергії для розробки наступного покоління електрифікованих військових автомобілів;
- методи і методології, доступні для аналізу, виготовлення і експериментальних досліджень композитів і систем біоінспірованої броні;
- мультимодальний інтерфейс для взаємодії солдатів і роботів в реальному часі;
- розпізнавання образів солдатської форми з розширеними згортками та модифікованою архітектурою нейронної мережі кодер-декодер;
- камуфляжна нашивка для захисту від виявлення з повітря;
- кіберфізичні системи сприйняття поля битви на основі технології машинного навчання для доставки даних.

Найбільш перспективні напрямки за темпами зростання за кількістю цитувань близько 1000 % є: безпілотні бойові літальні апарати; дрони; міномети; наземні міни; дистанційна зброя; роботизована система; безпілотні платформи; навігація; квантові технології.

### 3.2.2 Патентний аналіз<sup>4</sup>

База патентів Derwent Innovation містить 27539 сімейств щодо технологій для сухопутних військ. Динаміка патентування є зростаючою протягом всього періоду дослідження із середньорічним темпом росту у період 2016-2020 р. 116,0% (рис. 3.16).



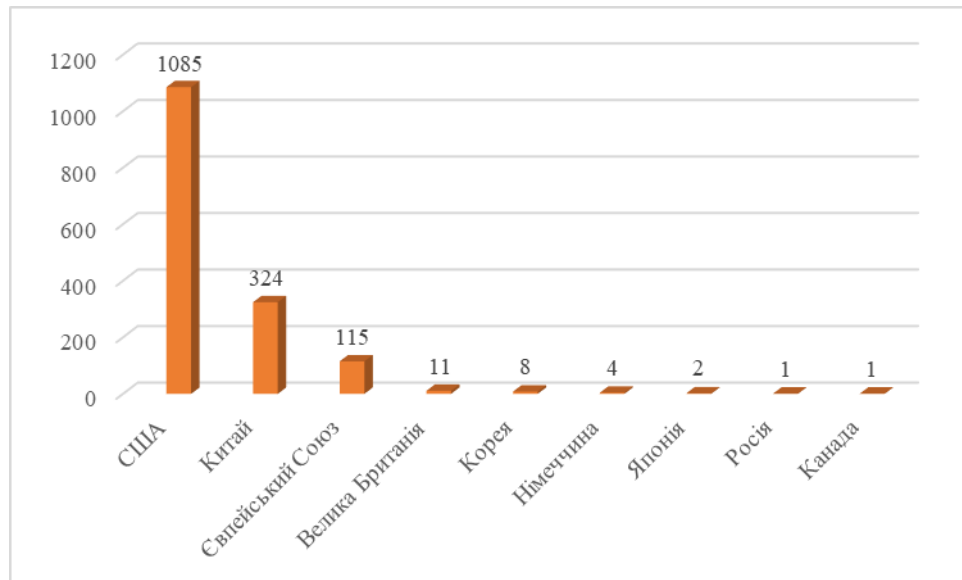
**Рис. 3.16** Динаміка патентування у сфері “Сухопутні війська“ у світі у 2002-2021 рр., од.

<sup>4</sup> Запит SSTO=(“Army Ground Forc\*”) OR (IC=(F41 OR F42 OR B63G OR G21J) AND SSTO=(“LAND FORC\*” OR “GROUND FORC\*”)) AND PY>=(2016) AND PY<=(2021);

1. 2002(389)	6. 2007(593)	11. 2012(922)	16. 2017(2385)
2. 2003(421)	7. 2008(648)	12. 2013(956)	17. 2018(2749)
3. 2004(459)	8. 2009(667)	13. 2014(1416)	18. 2019(2887)
4. 2005(519)	9. 2010(806)	14. 2015(1517)	19. 2020(3180)
5. 2006(484)	10. 2011(765)	15. 2016(1835)	20. 2021(1487)

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Derwent Innovaton*

Найбільша кількість заявників походять із США, на другому місці винахідники із Китаю, далі йдуть заявники із Європейського Союзу, Великої Британії, Кореї (рис. 3.17).



**Рис. 3.17 Розподіл заявників технологій у військовій сфері “Сухопутні війська” за країнами світу, 2016-2020 рр., од.**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Derwent Innovation*

Аналіз бази дозволив визначити найкращі технології в цьому масиві, які зустрічаються у 64% відібраного масиву патентів, це:

автономний автомобіль, маршрут, навігація, дорога, карта, гіроскоп (G01C); озброєння, гвинтівка, боєприпаси, пістолет, зброя (F41A);

броня, балістика, військова техніка, камуфляж, контрольні виміри (F41H);

реактивний снаряд, боєприпаси, фасонний заряд, пуля, ядро, вибухівка, стріла (F42B).

Більш детальний аналіз визначив більш вузькі перспективні технологічні напрями (табл. 3.5).

**Таблиця 3.5 Перспективні технологічні напрями за тематикою “Сухопутні війська” у світі**

Підклас	Група	Назва групи
G01C	G010017	Компаси; пристрої для визначання дійсного або магнітного північного полюсу з навігаційною або топографічною метою

	G010021	Навігація; навігаційні прилади
	G010005	Вимірювання висоти; вимірювання відстаней поперек лінії візування; нівелювання між окремими пунктами; топографічні нівеліри
F41A	F41A0003	Механізми казенних частин, наприклад затвори
F41H	F41H0009	Засоби для ведення наступальних або оборонних дій розпилюванням полум'я, газів або диму; засоби ведення хімічної війни
F42B	F42B0003	Підривні заряди, тобто гільза і вибухова речовина
F41J	F41J0011	Стрільбища
F41G	F41G0005	Системи керування вертикальним або горизонтальним наведенням для гармат
	F41G0009	Системи керування ракетами або снарядами
F41C	F41C0003	Пістолети
	F41C0007	Стрілецька зброя для стрільби з плеча, наприклад гвинтівки, карабіни, дробові рушниці
G09B	G09B0021	Навчання або спілкування зі сліпими, глухими або німими
G08G	G08G0003	Системи керування рухом транспорту
F41B	F41B0007	Пружинна зброя
	F41B0011	Газокомпресорна зброя, наприклад пневматична зброя; парова зброя
F42C	F42C0017	Апарати для встановлювання зривників
	F42C0007	Зривники, що спрацьовують при заданому механічному зусиллі
F42D	F42D0099	Об'єкти, не охоплені іншими групами цього підкласу
	F42D0003	Підривні роботи спеціального призначення
B32B	B32B0018	Шаруваті вироби, що містять в основному керамічні матеріали, наприклад вогнетривкі матеріали
	B32B0037	Способи або пристрої для ламінування
	B32B0015	Шаруваті вироби, що містять в основному метал
	B32B0017	Шаруваті вироби, що містять в основному листове скло, волокна із скла, шлаку або інших подібних матеріалів
	B32B0009	Шаруваті вироби, що містять певні речовини, не охоплені групами B32B 11/00-B32B 29/00
G06Q	G06Q0010 -	Адміністрування; керування
F41F	F41F0007	Апарати для пуску ракет або метання снарядів іншим чином, ніж із стволів
	F41F0005	Пускові апарати для ракет або снарядів, що рухаються під дією сили тяжіння
G06F	G06F0001	Конструктивні елементи
	G06F0003	Пристрої введення для передачі даних, які підлягають перетворенню у форму, придатну для оброблення в обчислювальній машині; пристрої виведення для передачі даних від пристроїв оброблення до пристроїв виведення
	G06F0011	Виявлення помилок; виправлення помилок; контроль
G05D	G05D0025	Регулювання світла, наприклад інтенсивності, кольору, фази



G01S	G01S0011	Системи для визначання дальності або швидкості без використання відбивання або перевипромінювання
	G01S0003	Пеленгатори для визначання напрямку, з якого надходять інфразвукові, звукові, ультразвукові або електромагнітні хвилі, або потоки елементарних частинок, що не мають вираженої спрямованості
	G01S0015	Системи з використанням відбивання або перевипромінювання акустичних хвиль, наприклад гідроакустичні комплекси

Джерело: *Derwent Innovation*

Таким чином, основні перспективні напрями стосуються нових матеріалів, зокрема вогнетривких і броньованих, броні, стрілецької та артилерійської зброї, боєприпасів, снарядів і пуль, підривних робіт, систем навігації, комп'ютерів і програм до них, пристроїв для навчання, безпілотного транспорту.

Патентний ландшафт сфери “Сухопутні війська” свідчить про значну ненасиченість патентами багатьох військових підсфер (рис. 3.18).



**Рис. 3.18** Ландшафтна карта патентів за тематикою “Сухопутні війська”, 2016-2020 рр.

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Derwent Innovation*

Патентно-ненасичені ділянки стосуються прозорого броневиробу, визначення просторового положення вибухових свердловин, балістичних установок, портативного всепогодного приладу калібрування лазерної гармати загального призначення, пускового пристрою з автоматичною системою стикування для скорочення часу перезарядки, функцій автоматичного та ручного





дистанційної війни тощо. Ці напрями можна вважати прогностичними напрямами наукових досліджень і, можливо, майбутніми технологічними напрямами розвитку військової сфери, які зараз знаходяться на початковому етапі патентування.

### 3.3 ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКІ СИЛИ

Україна – морська держава, і Військово-Морські Сили Збройних Сил України є основним інструментом її захисту з морського напрямку.

Організаційно Військово-Морські Сили Збройних Сил України включають Командування Військово-Морських Сил ЗС України, Морське командування, флотилію, Командування морської піхоти, військово-морські бази, надводні сили, морську авіацію і артилерію, частини та підрозділи забезпечення, а також військові навчальні заклади [37].

У світі відбувається стрімке зростання міжнародної конкуренції на світовому ринку озброєння, військової та спеціальної техніки, зокрема, у сфері Військово-Морських Сил (далі – ВМС). Провідні держави світу здійснюють активні заходи щодо переозброєння своїх військ. Кораблі та підводні човни оснащуються двигунами, що працюють на альтернативних джерелах енергії, частина з них стає безпілотними. Для ведення бойових дій на морі та у прибережних районах підрозділи ВМС оснащуються роботизованими безпілотними надводними та підводними апаратами, зокрема ударними, за допомогою яких створюються системи моніторингу, контролю та оборони як за надводною поверхнею, так і під водою. Здійснюється активний розвиток та застосування автоматизованих систем управління збройними силами різного рівня (стратегічного, тактичного).

Розроблення і створення інноваційних технологій за результатами науково-технічної діяльності із врахуванням світового досвіду є важливим завданням для інноваційного розвитку галузі в Україні.

Дослідження світового досвіду та технологічних тенденцій у сфері Військово-Морських Сил здійснено на базі публікацій та їх цитувань, які зареєстровані в наукометричній базі даних Web of Science, за тематикою "Військово-морські сили" за 2016-2021 рр.

#### 3.3.1 Наукометричний аналіз

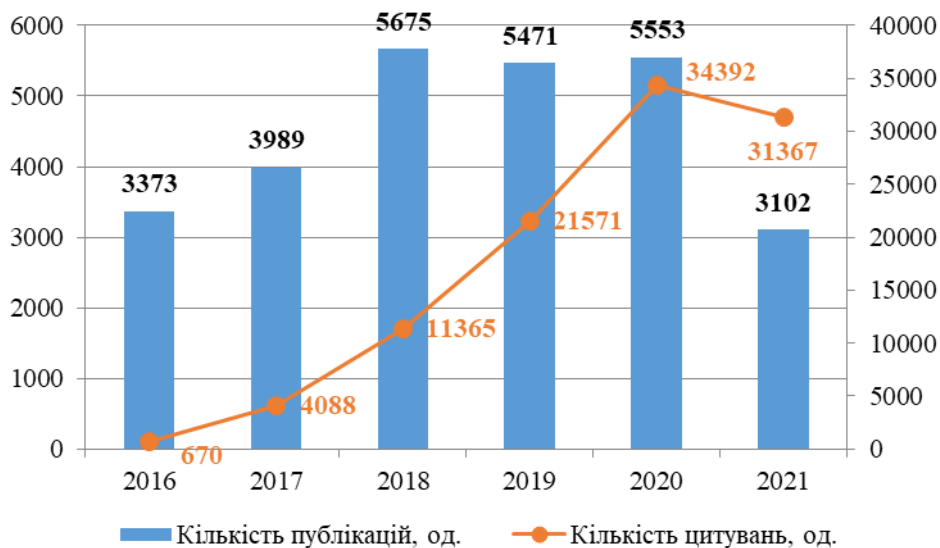
Переважає більшість публікацій з питань ВМС зареєстрована за п'ятьма категоріями *Web of Science*: «Техніка суднобудівна» (лідер – 21989 од.); «Океанографія» (11370); «Техніка океанографічна» (10461); «Техніка будівельна» (7121) та «Техніка, електротехніка та електроніка» (3098) (рис.3.20).



**Рис. 3.20 Публікації, зареєстровані в наукометричній базі даних Web of Science, за тематикою "Військово-морські сили" за 2016-2021 рр., (од.)**

Джерело: розроблено авторами на базі даних Web of Science

Динаміка кількості досліджених публікацій, зареєстрованих за 2016-2021 рр. у наукометричній базі даних Web of Science за тематикою ВМС, свідчить про їх зростання у світі у період 2016-2018 в 1,7 разу та збереження досягнутого рівня з деяким коливанням у 2019 та 2020 рр. Дані за 2021 р. є неповними, тому не приймаються до врахування. Динаміка цитувань демонструє стрімке зростання у 2016-2020 рр. (рис. 3.21), що свідчить про високу і зростаючу цікавість до даної тематики.



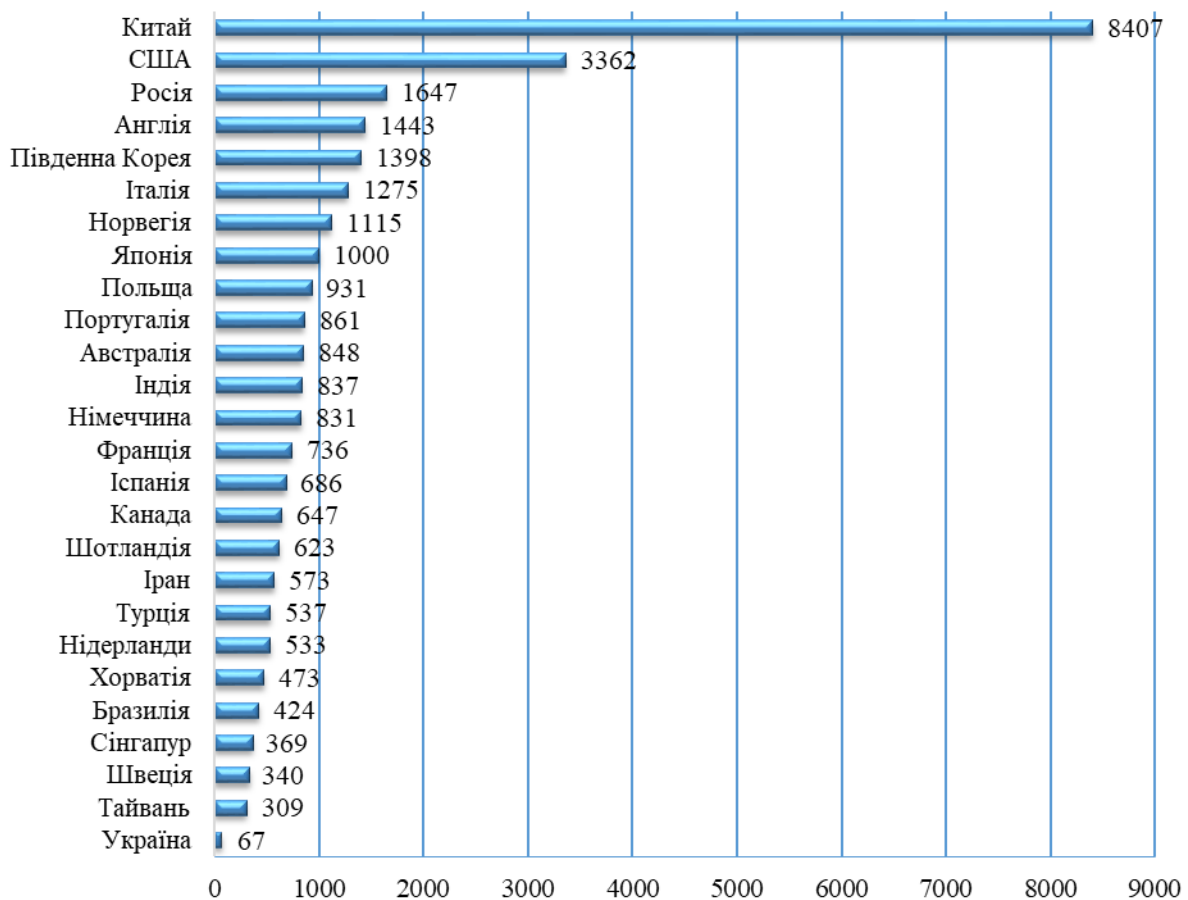
**Рис. 3.21 Динаміка публікацій і цитувань, зареєстрованих у базі даних Web of Science за тематикою "Військово-морські сили" у світі за 2016-2021 рр., (од.)**

Джерело: розроблено авторами на базі даних Web of Science

Результати моніторингу Топ – 25 країн за дослідженими категоріями за 2016-2021рр. у сфері ВМС свідчать, що *найбільше* публікацій здійснено науковцями Китаю (8407 од. – *лідер*) та США (3362 – 2 позиція); від 3-ї до 8-ї позиції з відривом у кілька разів займають відповідно Росія (1647), Англія (1445), Південна Корея (1398), Італія (1275), Норвегія (1115) та Японія (1000).

Найменше публікацій серед Топ – 25 країн мають Швеція (340 од. – 24 місце) і Тайвань (309 – 25 місце).

Науковцями України, яка займає 43 позицію, зареєстровано 67 публікацій, майже стільки ж публікацій зареєстровано науковцями країн-сусідів, якими є Нова Зеландія (73 од.) та Словачія (64 од.) (рис. 3.22).



**Рис. 3.22** Рейтинг країн за публікаційною активністю у наукометричній базі даних Web of Science за тематикою "Військово-морські сили" за 2016-2021 рр. (топ-25 країн світу та Україна (43 місце)), (од.)

Джерело: розроблено авторами на базі даних Web of Science

Методичні підходи [34] передбачають визначення найбільш перспективних наукових напрямів за тематичним профілем ВМС за *індексом цитування* – відношення кількості цитувань у 2020 р. статей, відібраними за ключовими словосполученнями, до кількості цитувань у 2016 р. Вважатимемо індекс цитування:

- високим, якщо індекс цитування 400% і вище;
- середнім, якщо індекс цитування 200–400%;
- нижче середнього, якщо індекс цитування 100–200%.

Згідно з розподілом за рівнем цитування у базі даних *Web of Science* високий (400–3600%) індекс цитування мають 15 ключових словосполучень публікацій, з яких 4 – найвищий (3000–3600%) (рис. 3.23, табл. 3.6):

- безпілотний занурюваний поверхневий транспортний засіб (Unmanned Submersible Surface Vehicle) (3600%);
- Інтернет підводних речей (Internet of Underwater Things) (3500%);
- згорткові нейронні мережі (Convolutional neural network) (3188%);
- розумний корабель (Smart ship) (3000 %).



**Рис. 3.23 Тематичні напрями за ключовими словосполученнями, які визначають найбільш перспективні напрями наукових досліджень за тематикою Військово-Морських Сил, %**

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

**Таблиця 3.6 - Рейтинг тематичних напрямів за індексом цитування у базі даних *Web of Science* за тематикою "Військово-морські сили"**

Індекс цитування 2020/2016, %	Технологія
високий рівень 400-3600	Безпілотний занурюваний поверхневий транспортний засіб; інтернет підводних речей; згорткові нейронні мережі; розумний корабель; навігаційна безпека; підводна бездротова сенсорна

	мережа; безпілотні надводні судна; надводний апарат; підводна навігація; система автоматичної ідентифікації; однопроменевий гідролокатор; підводні маніпуляції; підводний оптичний бездротовий зв'язок; військово-морські човни; навігаційні засоби.
середній рівень 200-400	Надводні човни; безпілотний підводний апарат; підводна акустична мережа; системи навігаційного обладнання; підводні апарати; автономні підводні апарати; автономні підводні апарати; військове суднобудування; система змінної плавучості; морська авіація; авіаносці; військовий корабель; радар з синтезованою апаратурою; безпілотні підводні транспортні засоби; гідролокатор зображення; підводні планери.
нижче середнього рівня 100-200	Десантні кораблі; гідролокатор дальнього огляду; управління маніпулятором; військово-морські бази; морська робототехніка; крейсер; флотилія; радіонавігація; морська оборона; підводний акустичний модем; автономні сенсорні мережі <sup>4</sup> ; військово-морські боєприпаси; морська артилерія; атомний підводний човен; навігація по місцевості; палубний літак; військово-морський флот.

*Найвищу позицію* за кількістю публікацій (43673 од.) та цитувань (35964 од.) у досліджуваному періоді має ключове словосполучення «Згорткові нейронні мережі (Convolutional neural network)», що займає 3 позицію за індексом цитування.

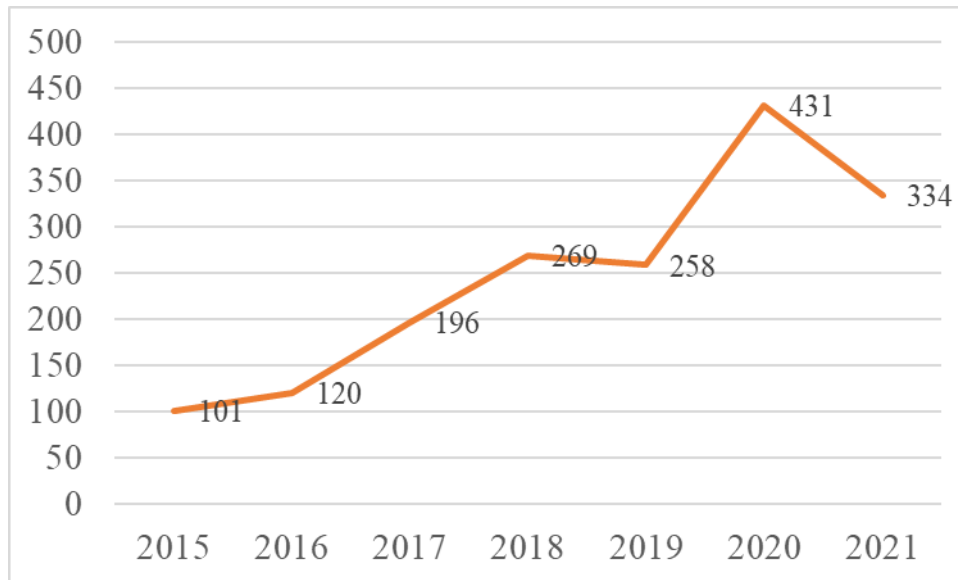
При цьому у переліку Топ – 15 за високим індексом цитування *найменше* публікацій (6 од.) було за ключовим словосполученням «Безпілотний занурюваний поверхневий транспортний засіб (Unmanned Submersible Surface Vehicle), що є лідером за індексом цитування, а *найменше* цитувань (13 од.) здійснено за ключовим словосполученням «Навігаційні засоби (Navigational aids)», що займає 15 позицію (Додаток Б).

### 3.3.2 Патентний аналіз<sup>5</sup>

За тематикою ВМС система бази Derwent Innovation визначила 2681 патентних сімейств. Динаміка патентування має зростаючий тренд (рис. 3.24).

<sup>5</sup> Запит: SSTO=("NAVY" "NAVAL FORC\*") OR IC=((B63G OR F41 OR F42 OR G21J) AND (Navy OR "Naval forc\*")) AND PY>=(2016) AND PY<=(2021);





**Рис. 3.24** Динаміка патентних сімейств за тематикою “Військово-морські сили“ у світі у 2015-2021 рр., од.

Джерело: Derwent Innovation

Топ-технологіями у цій сфері є підкласи із такими ключовими словами, які входять у 68% відібраних патентів:

підводний транспорт, підводний човен;

корабель, водоспоживання, човен, корпус, швартовка, морський;

дайвінг, підводний, акваланг, водне судно, рятувальний жилет.

До топ-11 трендових (тобто з найбільшими темпами росту) патентних груп входять підкласи (рис. 3.25):

B63G (суднові засоби нападу або захисту; ставлення мін; тралення мін; підводні човни; авіаносці), які досягли свого піку у 2021 р. і у середньому добавляли по 16 патентів щорічно;

B63B (судна та інші плавні засоби; обладнання для судноплавства);

B63C (спускання на воду, переміщення або ставлення в сухий док суден; рятування людей на воді; обладнання для перебування або роботи під водою; засоби для підймання або пошуку об'єктів під водою);

G05D (системи керування або регулювання неелектричних змінних);

G01N (досліджування або аналізування матеріалів шляхом визначання їх хімічних або фізичних властивостей);

G01S (радіопеленгація; радіонавігація; вимірювання відстані або швидкості з використанням радіохвиль; визначання місцеположення або виявлення наявності об'єктів з використанням відбивання або перевипромінювання радіохвиль; аналогічні системи з використанням інших видів хвиль);

B64C (гідроплани, літаки, вертольоти для авіаносців, безпілотний літак, дрон);

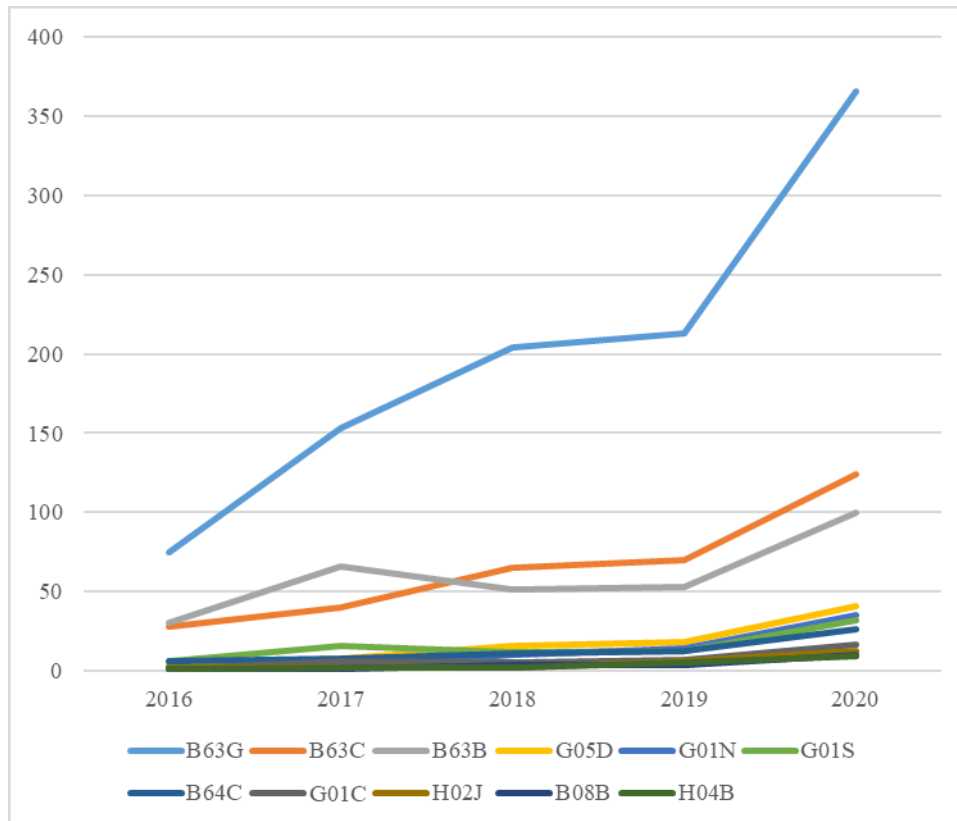


B08B (очищення взагалі; запобігання забруднюванню);

G01C (вимірювання відстаней, рівнів або азимутів; топографічна зйомка; навігація; гіроскопічні прилади; фотограмметрія або відеограмметрія, радар);

H02J (схеми або системи для підведення або розподілення електричної енергії; системи для накопичування електричної енергії);

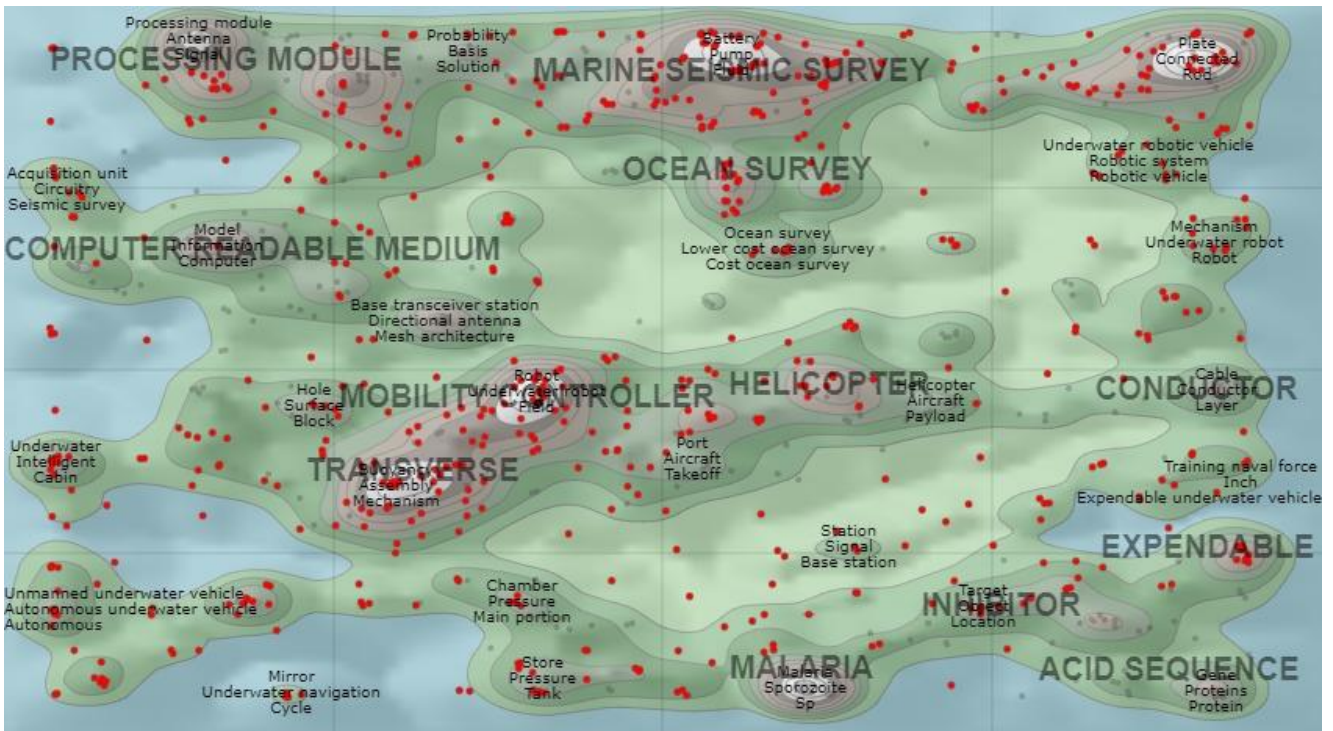
H04B (передавання сигналів).



**Рис. 3.25 Топ-11 технологічних напрямів з найвищими темпами зростання патентування у 2016-2020 рр. у світі за напрямом Військово-морські сили, од.**

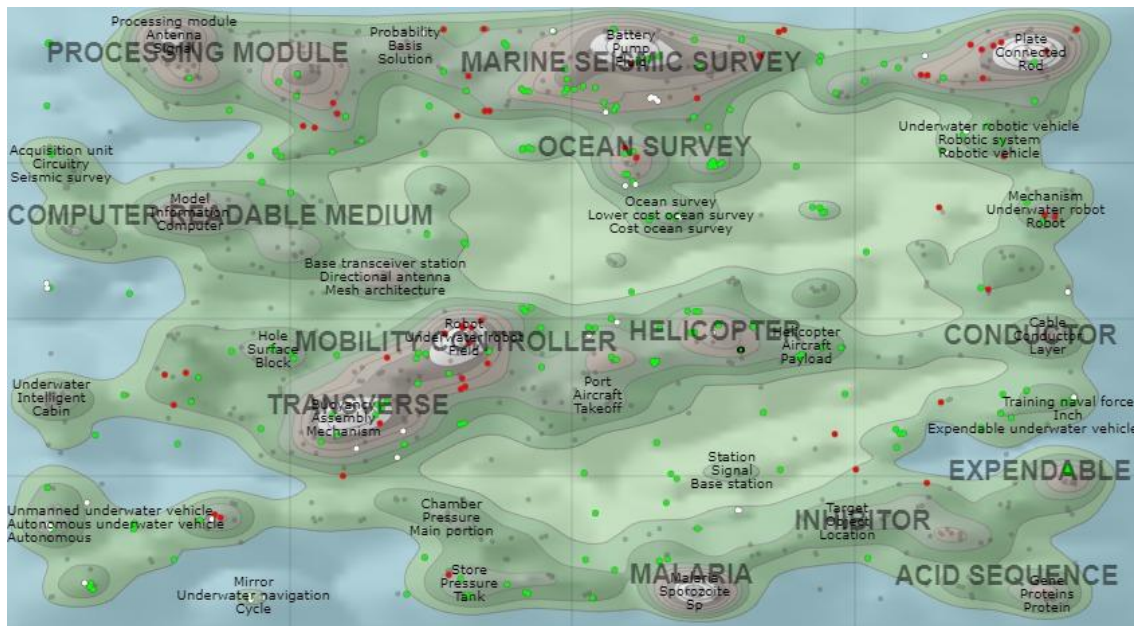
*Джерело: Derwent Innovation*

Розташування на ландшафтній карті означених на рис. 3.28 напрямів підтверджує їх технологічну перспективність на найближче майбутнє – всі вони у переважній кількості розташовані на патентно-ненасичених ділянках. Приклади деяких з них наведено на рис. 3.26 – 3.31.



**Рис. 3.26** Ландшафтна карта підкласу В63G (червоні крапки)

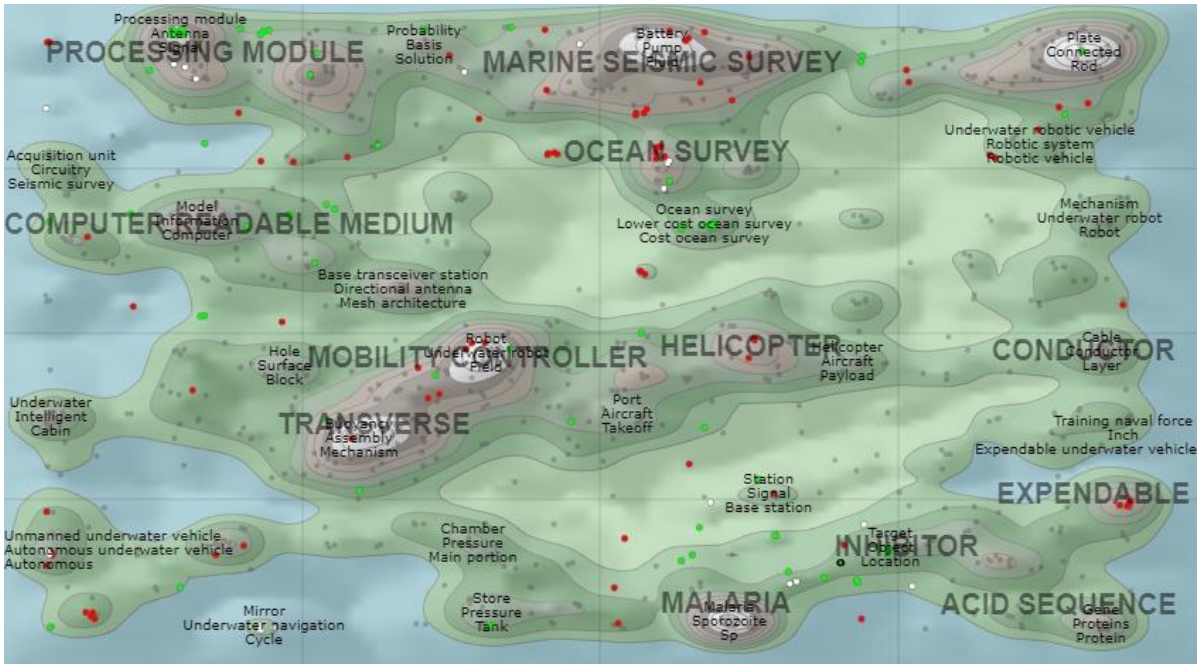
Джерело: Derwent Innovation



**Рис. 3.27** Ландшафтна карта підкласу В63В (зелені крапки) та В63С (червоні крапки) (білі крапки – співпадання зелених і червоних крапок)

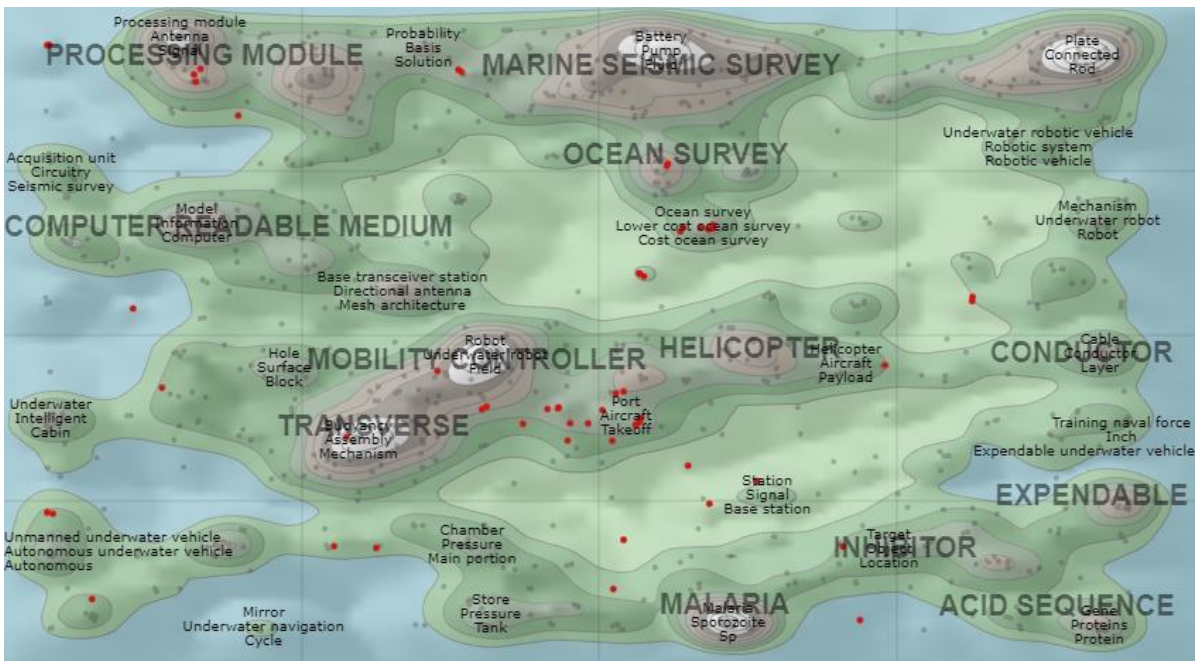
Джерело: Derwent Innovation





**Рис. 3.28** Ландшафтна карта підкласу G01S (зелені крапки) та G05D (червоні крапки) (білі крапки – співпадання)

Джерело: Derwent Innovation



**Рис. 3.29** Ландшафтна карта підкласу B64C (червоні крапки)

Джерело: Derwent Innovation

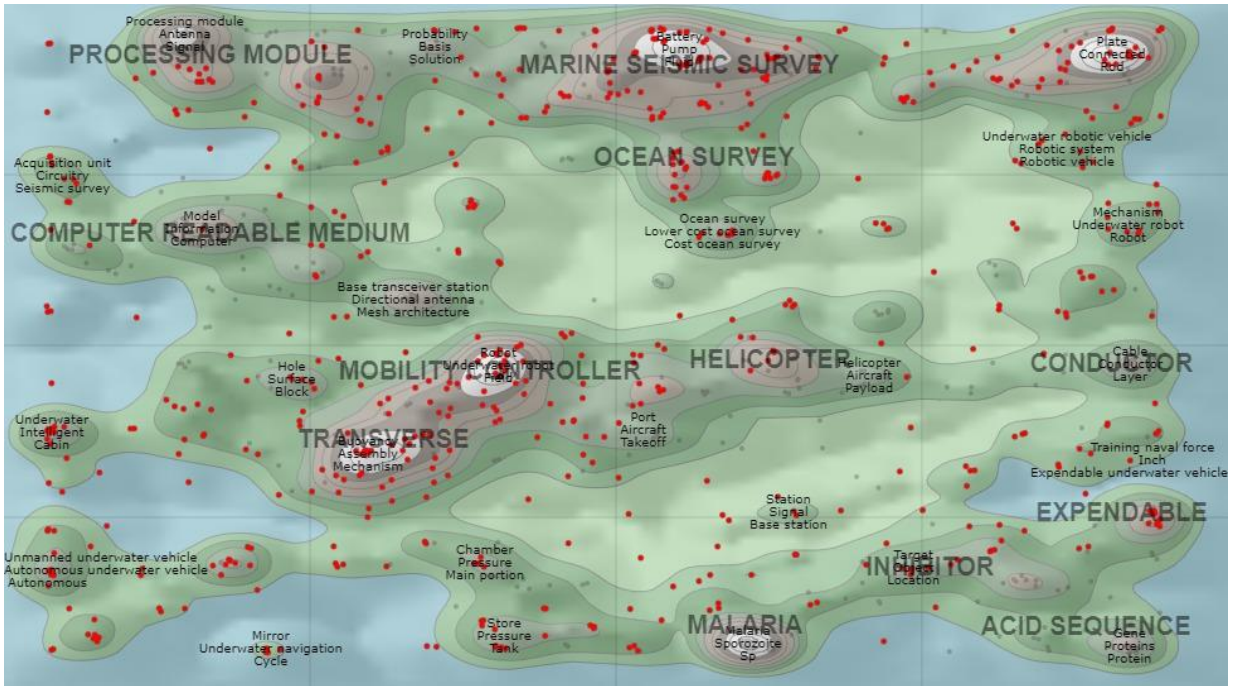


Рис. 3.30 Ландшафтна карта підкласу B63G0008 (червоні крапки?)

Джерело: Derwent Innovation

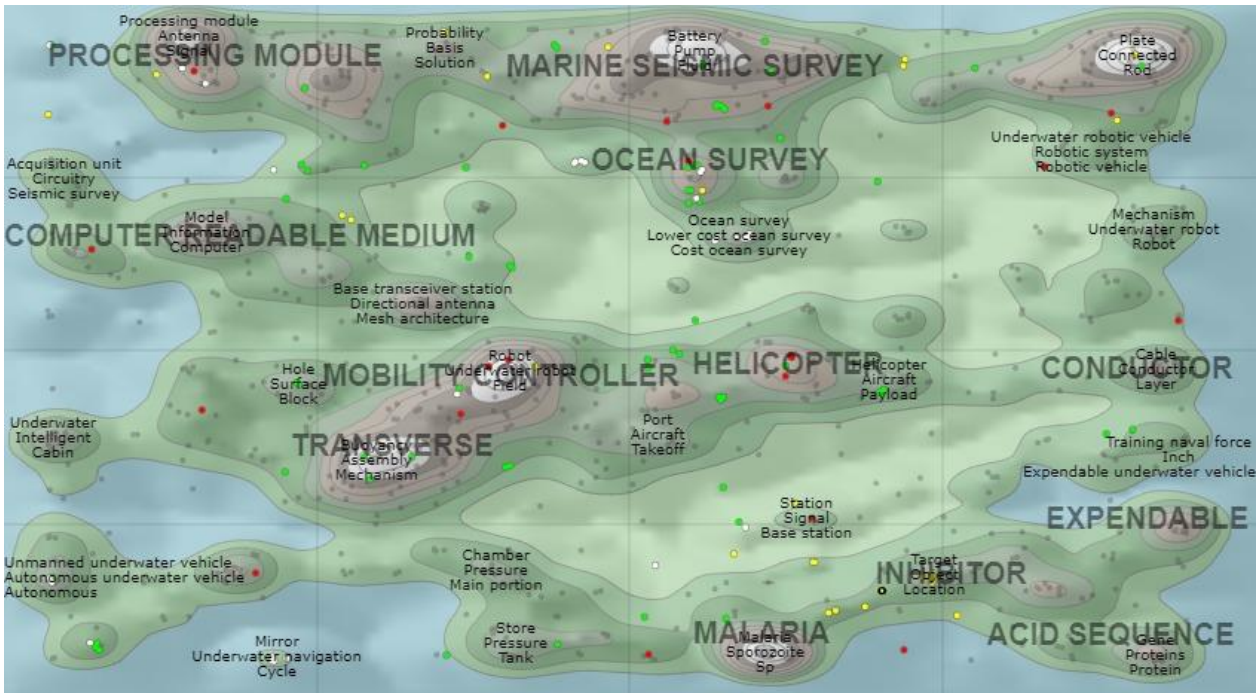


Рис. 3.31 Ландшафтна карта підкласів G05D0001 (червоні крапки), B63V0035 (зелені крапки), G01S0015 (жовті крапки)

Джерело: Derwent Innovation

Сім із вищевказаних 11 підкласів мають групи технологій з найвищими темпами патентування (табл. 3.7).

Табл. 3.7 - Групи технологій із найвищими темпами патентування

Підклас	Група (код)	Назва групи	Індекс патентування (2020/2018), %
B63G	B63G0008	Підводні судна, наприклад підводні човни ( <i>рис. 3.33</i> )	5680
B63B	B63B0035	Судна або подібні плавучі споруди, спеціально пристосовані для певних цілей ( <i>рис. 3.34</i> )	1400
B63B	B63C0011	Обладнання для перебування або роботи під водою; засоби для пошуку підводних об'єктів	4450
G05D	G05D0001	Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі наземних, водних, повітряних або космічних транспортних засобів, автоматичне пілотування ( <i>рис. 3.34</i> )	1950
G01S	G01S0015	Системи з використанням відбивання або перевипромінювання акустичних хвиль, наприклад гідроакустичні комплекси ( <i>рис. 3.34</i> )	1000
B64C	B64C0039	Літальні апарати спеціального призначення	4900
G01C	G01C0021	Навігація; навігаційні прилади	175

Джерело: Derwent Innovation

Порівняння перспективних наукових та технологічних напрямів дає підставу вважати прогнозованими на найближче майбутнє такі науково-технологічні напрями:

безпілотний поверхневий транспортний засіб, безпілотні надводні судна; надводний апарат, надводні човни, авіаносці;

навігаційні засоби, підводна і надводна навігація, системи навігаційного обладнання;

військово-морські човни;

підводні апарати, човни; безпілотний підводний апарат, автономні підводні апарати;

радар, радіонавігація.

Ці напрями є перспективними як для наукових, так і технологічних досліджень.



### 3.4 ВІЙСЬКОВО-ПОВІТРЯНІ ТА ВІЙСЬКОВО-КОСМІЧНІ ВІЙСЬКА

Характерною рисою війн останнього десятиліття є те, що для забезпечення бойових дій використовуються повітряно-космічні сили розвідки і спостереження, зв'язку та управління, навігації та дистанційного зондування. Саме повітряно-космічна діяльність, (у тому числі і військова) трансформувала зміст геополітики, змінила пріоритети умов і чинників, що визначають безпеку та впливовість держави. Сучасні завдання забезпечення обороноздатності та безпеки держави диктують прискорення розвитку та впровадження нових технологій в сферу повітряно-космічних сил.

#### 3.4.1 Наукометричний аналіз

Аналіз публікаційної активності, що розкриває напрями використання нових технологій у повітряних та повітряно-космічних військах в БД WoS за період 2016 – 2020 рр., показав результат у 17360 од. публікацій. Кількість публікацій за даною тематикою мала поступове зростання протягом зазначеного періоду, що свідчить про постійну зацікавленість науковців у розробці даної тематики (рис. 3.35).

Незважаючи на стабільну кількість публікацій протягом 2016 – 2020 рр., починаючи з 2017 р. спостерігається щорічне зростання кількості цитувань (сумарна кількість яких становила 83455 од.). Індекс цитування у 2020 р. порівняно з 2016 р. становив 4738,4% (рис. 3.32).

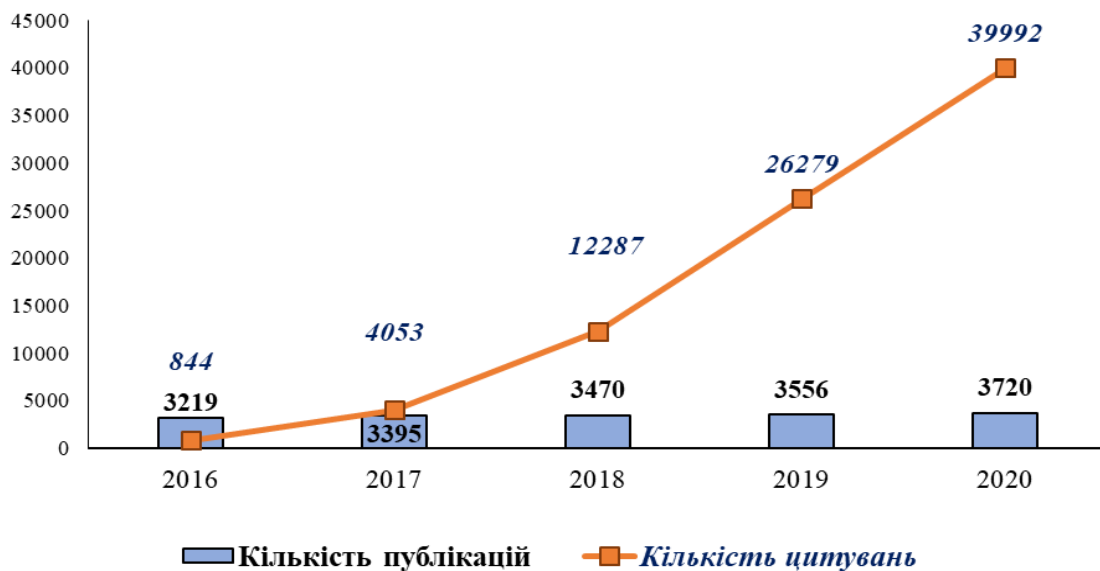
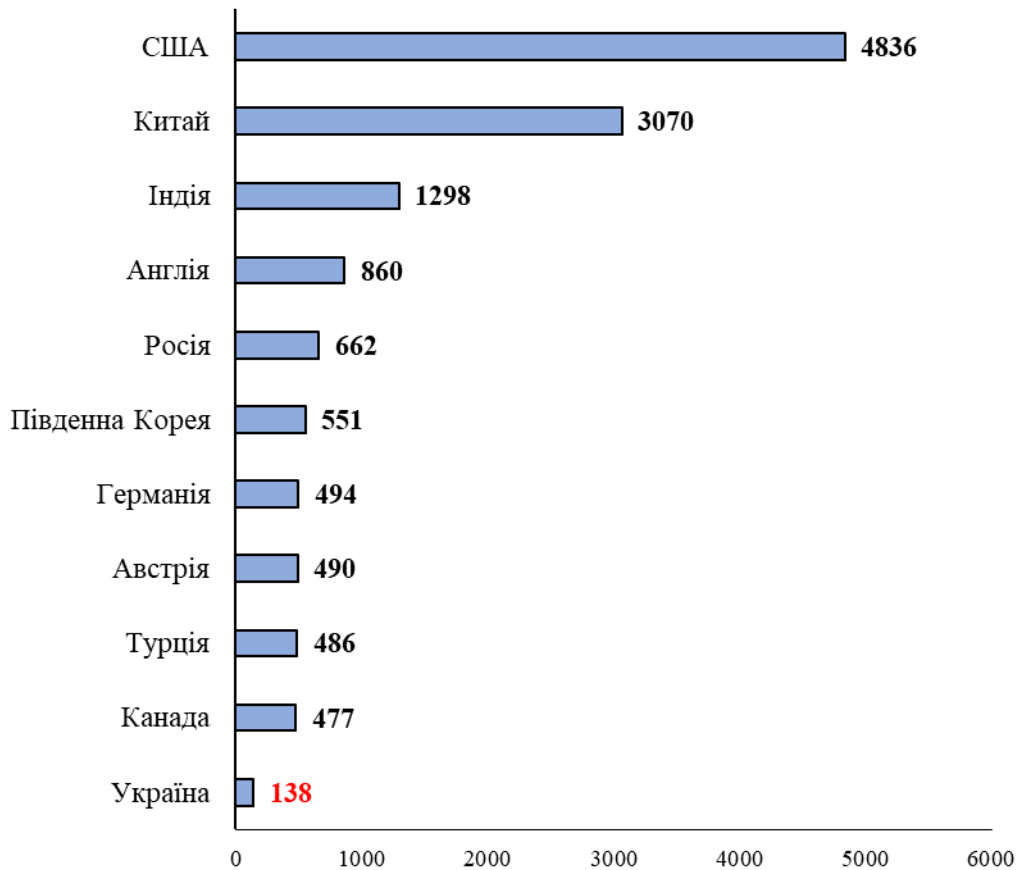


Рис. 3.32 Динаміка публікацій і цитувань публікацій у світі за тематикою «Повітряно-космічні війська» за період 2016-2020 рр., од.

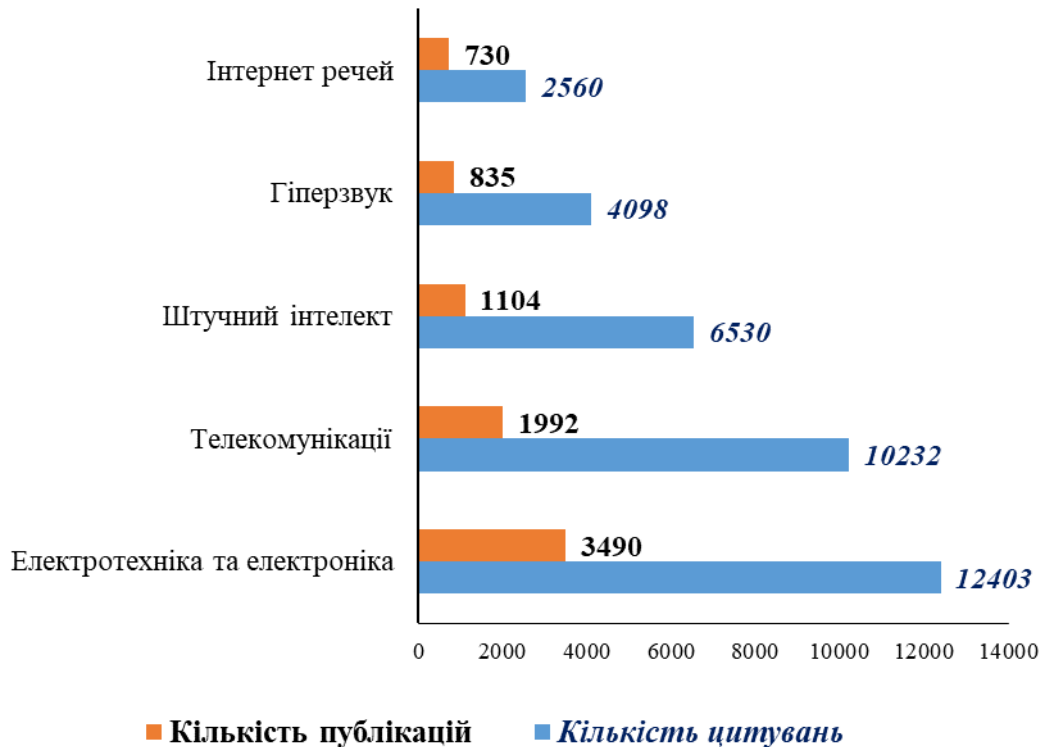
Серед країн, в яких спостерігається найвища публікаційна активність, з невеликою різницею в кількості лідерами є США (близько 5 тис. од. публікацій) та Китай (понад 3 тис. од. публікацій). Також до топ-5 країн за кількістю публікацій належать Індія, Англія та Росія. Україна в загальному рейтингу посідає 28 місце з результатом 138 публікацій (рис. 3.33).



**Рис. 3.33 Публікаційна активність країн світу за тематикою «Повітряно-космічні війська» протягом 2016 – 2020 рр., од.**

У процесі аналізу публікацій, що стосуються нових технологічних рішень для модернізації повітряних та повітряно-космічних військ, було виділено декілька основних напрямів технологічного розвитку, що підтверджуються не тільки кількістю публікацій за період 2016 – 2020 рр., але й досить високим рівнем цитування. Це такі напрями як телекомунікація, що належить як до сфери розвитку зв'язку, так і до сфери автоматичних систем управління. Також актуальним за кількістю цитування є напрями розвитку технологій штучного інтелекту, електротехніки та електроніки у розвитку інженерних технологій повітряних та повітряно-космічних військ. Новим, але вже досить популярним напрямом, у сфері інженерних розробок є гіперзвукові технології. Незважаючи на невелику кількість публікацій (835 од., з яких 562 од. опубліковані у період 2019 -

2020 рр.), цей напрям має досить високий рівень цитування, що свідчить про перспективність даного напрямку досліджень (рис. 3.34).



**Рис. 3.34** Активність цитувань в світі за категоріями, що відповідають тематиці «Повітряно-космічні війська», за період 2016-2020 рр., од.

Так, Міністерство оборони США визначило розвиток гіперзвукової зброї одним з ключових напрямів розвитку військових технологій. Зважаючи на це, наприкінці 2020 р. МО США розробило Стратегію розвитку гіперзвукової зброї і наразі розробляють та випробовують гіперзвукову ракету повітряного старту AGM-183A.

Також одним із лідерів із створенні гіперзвукової зброї є Росія. На даний час ними розробляється два типи гіперзвукової зброї – глайдер «Авангард» і ракета «Циркон» з маршовим двигуном ГППРД, яку росіяни збираються взяти на озброєння вже у 2022 р.

Згідно із кількістю цитувань найбільш популярним напрямом у дослідженнях нових технологій у сфері повітряних та повітряно-космічних військ є електротехніка та електроніка, що стосуються такої сфери розвитку як інженерія. Саме наукові розробки даного напрямку дозволяють виходити інженерним військовим технологіям на зовсім інший рівень розвитку. Насамперед це технологія дронів та безпілотників, що набула шаленої популярності в останні роки.



Напрямок розвитку технологій телекомунікацій також присутній майже у всіх сферах розвитку повітряно-космічних військ. Це, наприклад, технологія супутникового зв'язку формату «Cubesat», технологія цифрової моделі місцевості на основі робота Sentinel-1, а також програмне забезпечення для безпілотних повітряних систем (UAS), що допомагають у системі управління та зв'язку повітряних сил (табл. 3.8).

**Таблиця 3.8 - Основні напрями розвитку та технологічні рішення за тематикою «Повітряно-космічні війська»**

<b>Сфери повітряно-космічних військ</b>	<b>Напрями</b>	<b>Технологічні рішення</b>
<b>Робототехніка</b>	Штучний інтелект	Включення оперативних (тактичних) космічних сил/обертального моменту до навчання з підкріпленням (Reinforcement learning (RL))
		Поєднання навчання з підкріпленням (RL) з інформацією про силу/обертальний момент за рахунок включення належного оперативного (тактичного) контролера космічної сили
		Розумне узагальнення зміни середовища
		Система телероботів Time Delay Mitigation
		Технологія для дозаправки літаків у повітрі (MQ-25 Stingray) за допомогою БПЛА
	Телекомунікації	Складання жорстко встановленого колеса передачі
		Вимірювання хвильової форми струму двигуна для визначення контактної сили
<b>Автоматизація та системи управління</b>	Штучний інтелект	Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) закон регулювання (PID controller)
		Система командно-управлінської сумісності (INTERC2) для БПЛА
		Ситуаційні системи оперативного контролю для виконання космічної розвідки
		Технологія управління "роєм" безпілотних літальних апаратів
	Телекомунікації	Програмне забезпечення, яке сприяє гнучкості і сумісності зв'язку в безпілотних повітряних системах (UAS)
		Блок формування навігаційної інформації БФНІ-1 і багатофункціональний індикатор ІМ-23 для БПЛА
		Системи командування, зв'язку, контролю, збору інформації і розвідки (Command Control Communications Computers and Intelligence (C4I))
<b>Зв'язок</b>	Телекомунікації	Оптичний носій в ближній інфрачервоній смузі зв'язку для встановлення або наземного зв'язку в атмосфері Землі, або міжсупутниковому/далекому космічному зв'язку, або наземному зв'язку (супутник/ супутник)
		Системи малих супутників формату «Cubesat»
		Алгоритм захисту зв'язку БПЛА згідно стандарту

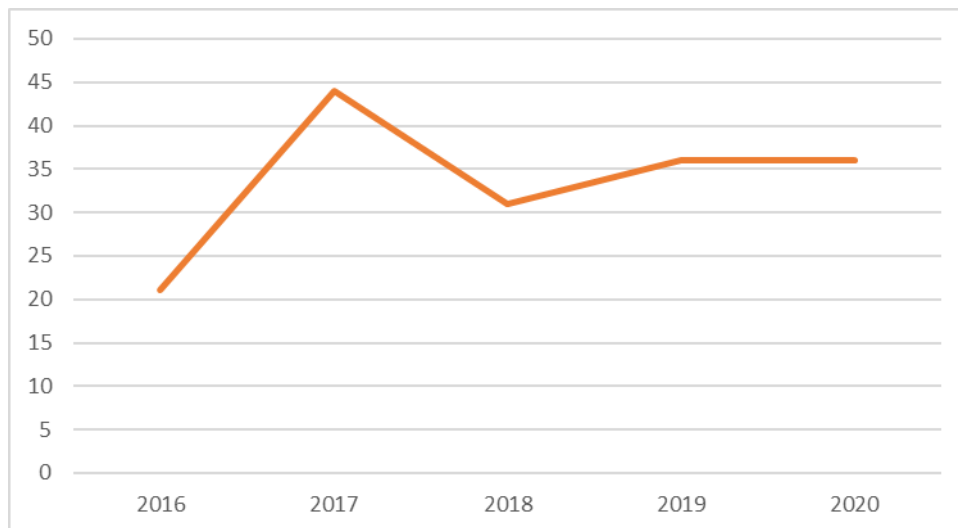
Сфери повітряно-космічних військ	Напрями	Технологічні рішення
		AES256. Полусферний резонатор Гуго (HRG) Безпілотна платформа MQ-9 Reaper для оптичного та лазерного супутникового зв'язку
<b>Інженерія</b>	Електротехніка та електроніка	Сенсорна система збору та обробки даних для БПЛА (MOSA)
		Напівпровідники карбіду кремнію (SiC) поліпшення військових радіочастотних (RF) і енергокомутаційних пристроїв.
		Технології БПЛА Flirt Cetus та Flirt Arrow – для оперативної розвідки та точного аерознімання великих територій
		БПЛА Flirt Iron – технологія ударного безпілота
		Технологія Bayraktar TB2 для БПЛА з протитанковими ракетами
		3D-друк високоміцних алюмінієвих сплавів
		Технологія Valkyrie XQ-58A
	Інтернет речей	Легковагова система перевірки автентичності для пристроїв IoT.
		Програма обміну даних Advanced Battle Management System,
		Метод LightAMC для некооперативних систем зв'язку БПЛА
		Рамочна платформи IoT Framework: для захисту дронів як "речей"
		Технологія блокчейна в середовищі IoD з підтримкою Інтернету речей (IoT) на основі 5G
	Гіперзвук	Технологія 5-го покоління багатопільових винищувачів-невидимок F-35 Lightning II.
Технологія моделювання NAVIER-STOKES		
Технологія гіперзвукового апарату X-43		
Технологія гіперзвукової ракети AGM-183A ARRW		
Програмна технологія Hypersonic Air-Air Weapon Concept для захисту від гуперзвукових ракет		
<b>Системи безпеки</b>	Штучний інтелект	Розробка ігрової стратегії, бойової тактики і управління флотом безпілотних літальних апаратів (Unmanned Aerial System (UAS))
		TAOS (Actical Aircraft Operating System, TAOS) - антропотехнічна система, що є частиною тактичної системи керування літальними апаратами
	Телекомунікації	Система контролю за пересуванням (IFA), яка забезпечує безпеку навігації БПЛА

Аналіз сучасних наукових тенденцій показує, що розвиток військової безпілотної авіації вважається одним з ключових компонентів глобальних перетворень сучасних збройних сил, зокрема військ НАТО. При цьому одне з

основних проблемних питань сучасного етапу розвитку безпілотної авіації – *стандартизація* стосовно таких аспектів, як класифікація БПЛА, узгодження діапазонів частот, що використовуються для обміну даними з наземними пунктами управління, форматів та проколів захищених каналів для забезпечення керування БПЛА та передачі ними корисної інформації, захист цієї інформації.

### 3.4.2 Патентний аналіз<sup>6</sup>

База патентів за тематикою «Повітряно-космічні війська» містить 522 патентних сімейства сфери військово-повітряних та військово-космічних сил (повітряно-космічні війська). Динаміка патентування є змінною (рис. 3.35), найвища патентна активність спостерігалась у 13 підкласах, які представляють собою 66% патентів технологій у всій вибірці. Це, перш за все, такі технології, як безпілотний повітряний апарат, дрон, літак, крило, БПЛА, вертикальний зліт, гелікоптер, рушійна сила, посадка.



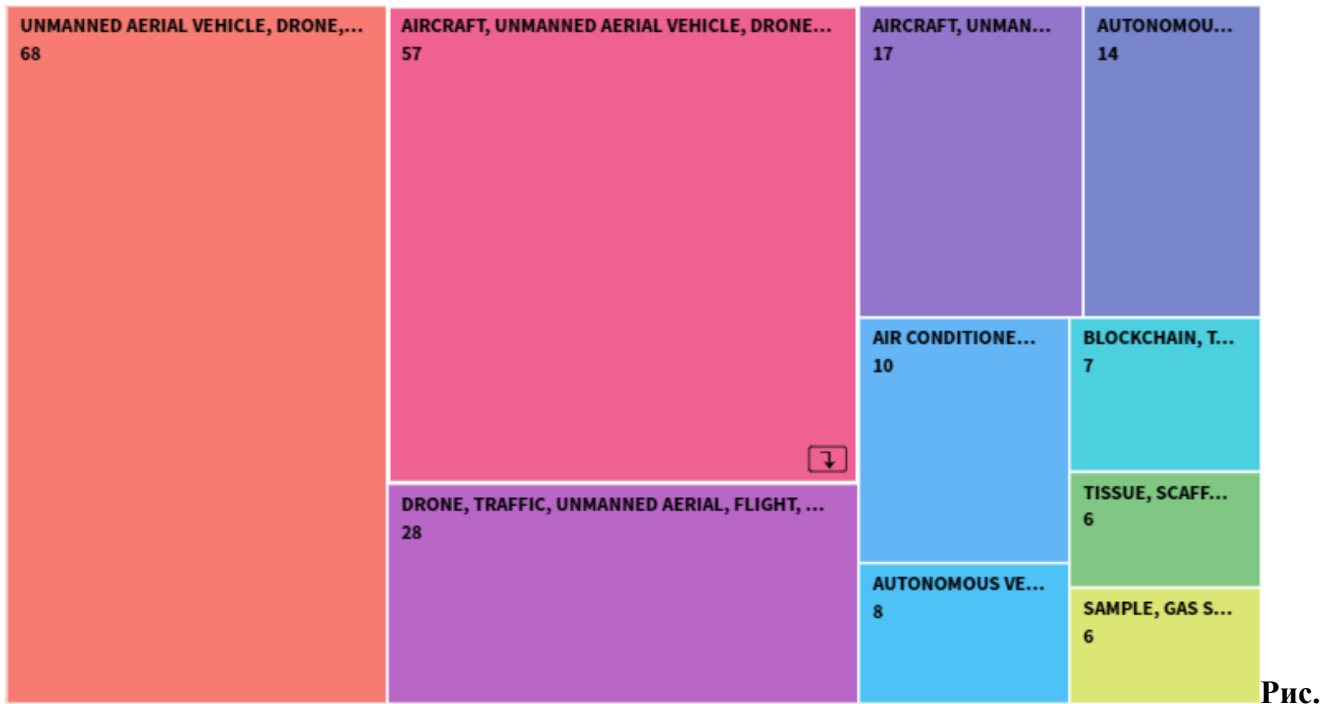
**Рис. 3.35** Динаміка патентування за тематикою «Повітряно-космічні війська», од.

Джерело: Derwent Innovation

Топ - 3 технології за останні 5 років – це такі підкласи:

- безпілотний повітряний апарат, дрон, літак, крило, БПЛА, вертикальний зліт, гелікоптер, пропелер;
- літак, дрон, рейсовий, посадка, вантажний;
- рух, безпілотний, польот, літак, маршрут, навігація (рис. 3.368).

<sup>6</sup> SSTO=("SPACE FORCES" "AIR FORCES") OR (IC=(F41 OR F42 OR B63G OR G21J OR B64) AND SSTO=("MILITARY AIRPLANE" "MILITARY AVIATION" "MILITARY SPACE" "MILITARY AIRCRAF")) AND PY>=(2016) AND PY<=(2020);



3.36 Топ-10 патентних підкласів за період 2016-2020 рр., од.

Джерело: Derwent Innovation

Перспективні технології – з найвищими темпами росту протягом останніх 5 років – це 5 з 13 напрямів, які відносяться до підкласів B64C, B64D, G08G, B64F і у 2020 р. спостерігалось зростання патентів (рис. 3.37).

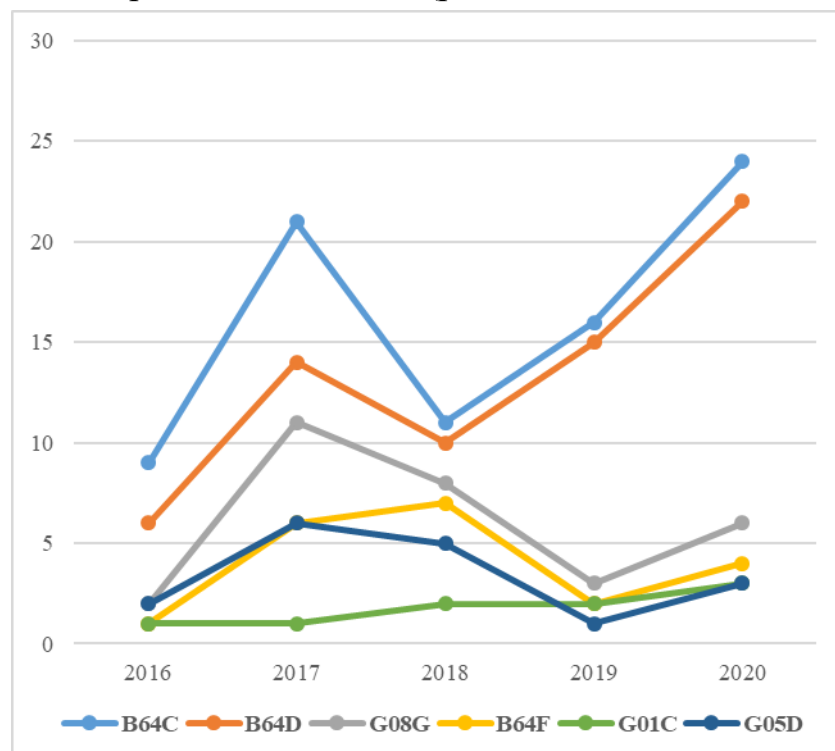


Рис. 3.37 Динаміка патентування у перспективних підкласах тематики «Повітряно-космічні війська», 2016-2020 рр., од.

Джерело: Розроблено на основі Derwent Innovation

B64C - літак; безпілотний літальний апарат, вертольот, дрон, пропелер, вертикальний зліт;

B64D - обладнання літальних апаратів ; льотні костюми для пілотів; парашути; розміщування або монтування силових установок або передач у літальних апаратах;

G08G - системи контролювання руху транспортних засобів

B64F - наземні установки або установки злітних палуб авіаносців, спеціально пристосовані для використання разом з літальними апаратами; проектування, вироблення, монтування, очищення, обслуговування або ремонтування літальних апаратів; маніпулювання, транспортування, випробування або перевіряння елементів літальних апаратів;

G01C - вимірювання відстаней, рівнів або азимутів; топографічна зйомка; навігація; гіроскопічні прилади; фотограмметрія або відеограмметрія;

G05D - системи керування або регулювання.

У цілому, для сфери повітряно-космічних військ не характерні високі темпи росту патентування, лише для невеликої кількості груп і підкласів ці темпи (2020 р. до 2016 р.) знаходяться на рівні 250-400%. Виняток становлять групи B64D0027 та B64D0045 із темпами росту у 1400% та 750% (табл. 3.9).

Перша група за рейтингом Derwent Innovation (рис. 3.40) – B64C – мала темпи росту у 244,4%. Інші групи із зростаючими темпами наведені у табл. 3.9.

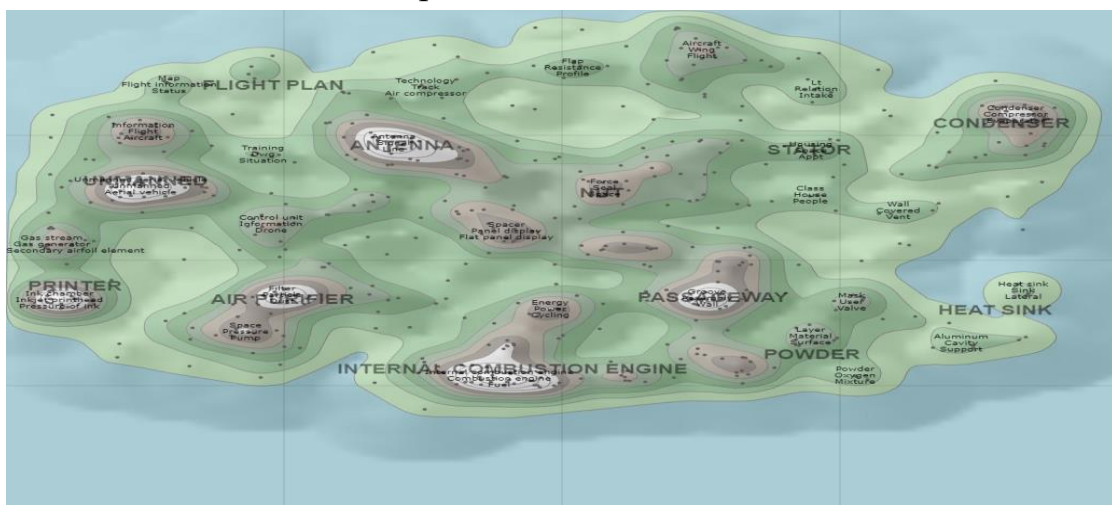
**Таблиця 3.9 - Перелік перспективних технологічних напрямів за тематикою «Повітряно-космічні війська»**

Підклас	Група	Тематика підгрупи
B64C	B64C0001	Фюзеляжі; крила, особливості стабілізувальних поверхонь або інших подібних елементів
	B64C0013	Системи керування або системи передачі зусиль для приведення в дію поверхонь керування, що збільшують підйомну силу закрилків, повітряних гальм або інтерцепторів
	B64C0027	Гвинтокрилі літальні апарати; несучі гвинти
	B64C0039	Літальні апарати
	B64C0025	Шасі
	B64C0029	Літальні апарати з вертикальним зльотом або вертикальною посадкою
B64D	B64D0029	Гондоли, обтічники або капоти силових установок
	B64D0027	Розміщування або монтування силової установки на літальному апараті; літальні апарати, що характеризуються силовою установкою
	B64D0045	Пристрої для індикації або захисту, що встановлюються на літальних апаратах
	B64D0047	Обладнання для розташовування або пристосовання сигнальних або освітлювальних пристроїв
	B64D0037	Засоби для подавання палива до силової установки, для позначання наявності літального апарата, компонування фотокамер
G08G	G08G0005	Системи керування рухом повітряних апаратів

	G08G0007	Системи для одночасного керування рухом двох або більше різних видів транспорту
B64F	B64F0005	Конструювання, виробляння, збирання, очищення, технічне обслуговування або ремонтування літальних апаратів, маніпулювання, транспортування, випробування або перевіряння елементів літальних апаратів
	B64F0001	Наземне обладнання для літаків або обладнання злітних палуб авіаносців
G01C	G01C0005	Вимірювання висоти; вимірювання відстаней поперек лінії візування; нівелювання між окремими пунктами; топографічні нівеліри
G05D	G05D0001	Керування положенням, курсом, висотою або орієнтацією у просторі повітряних або космічних транспортних засобів, наприклад автоматичне пілотування
	G05D0016	Керування тиском рідини або газу, зокрема для зменшення вібрацій, тертя, аномальних температур, перевантаження, розбалансування
G06F	G06F0030	Автоматизоване проєктування літаків, зокрема з використанням машинного навчання, штучного інтелекту, нейронних мереж
F41H	F41H0013	Засоби для ведення наступальних або оборонних дій
G06Q	G06Q0050	Системи або способи, спеціально пристосовані для певних ділових секторів, наприклад логістика, перевезення; комунікації
A61L	A61L0009	Дезінфекція, стерилізація або дезодорація повітря

Джерело: розроблено авторами на основі Derwent Innovation

Ландшафтна патентна карта є доволі патентоненасиченою у розрізі різних технологічних напрямів (рис. 3.38). Це, зокрема, кондиціонування повітря, прокладання/проєктування шляху, сенсори, навчання і системи навчання, інформаційні системи, нові матеріали тощо.



**Рис. 3.38** Ландшафтна карта патентів технологій для повітряно-космічних військ

Джерело: Derwent Innovation

Усі підкласи, як і у вище розглянутих родах військ, розташовуються на ділянках різного кольору, тобто, і патентонасичених, і патентоненасичених. Наприклад, рис. 3.39 показує розміщення патентів підкласів B64C і B64D і дає можливість визначити патентоненасичені групи цих підкласів, якими є:

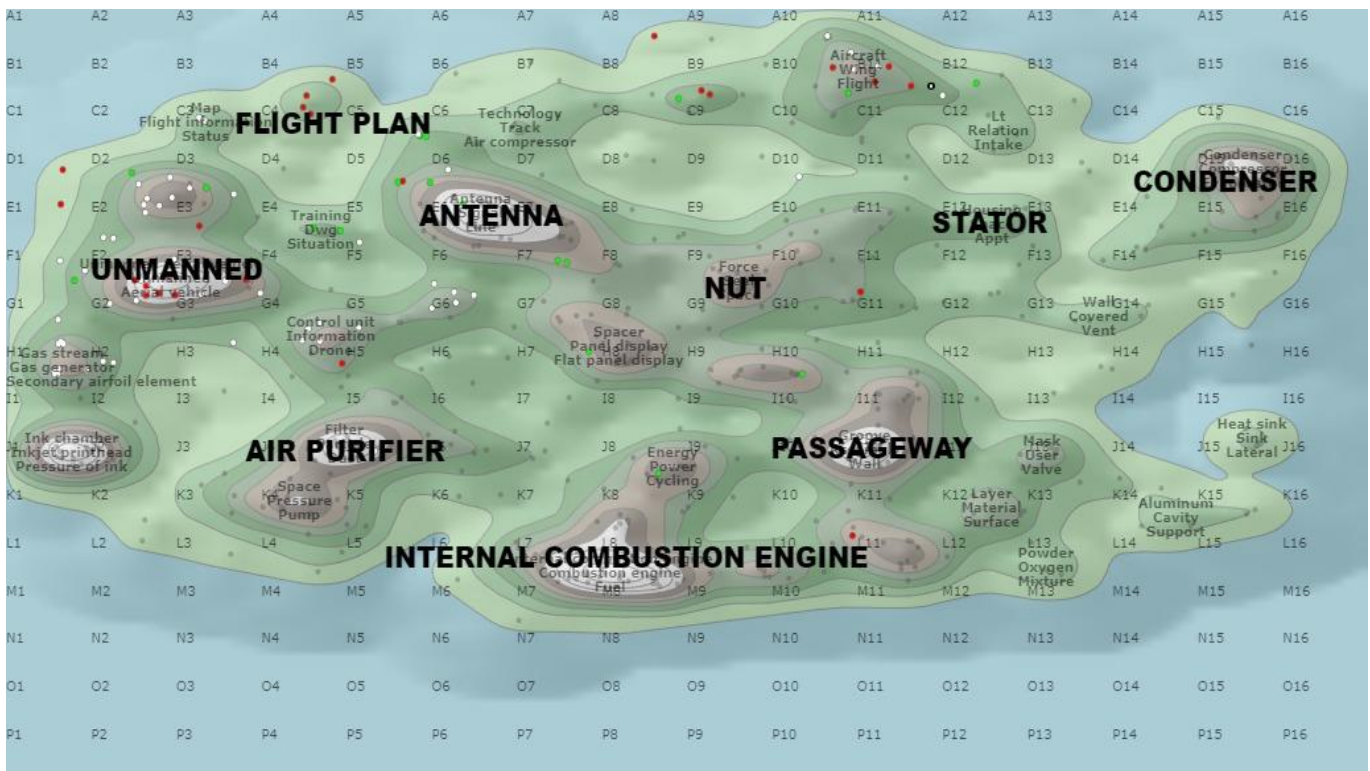
контрольні пристрої, зокрема системи вимірювання безпілотників, пов'язані з GPS, контролер повітряного простору, який може генерувати статичну карту повітряного простору для всіх користувачів з різними елементами інтерфейсу користувача;

пристрої для вимірювання якості повітря з використанням безпілотників;

дрон;

сигнал;

шаруватий матеріал.



**Рис. 3.39** Розміщення на ландшафтній патентній карті підкласів B64C (червоні крапки) і B64D (зелені крапки) (білі крапки – співпадання підкласів)

Джерело: Derwent Innovation

Рисунок 3.40 дає відповідне представлення підкласів G05D та B64F.

На патентоненасичених ділянках розмістилися технології із такими ключовими словами:

сенсори;



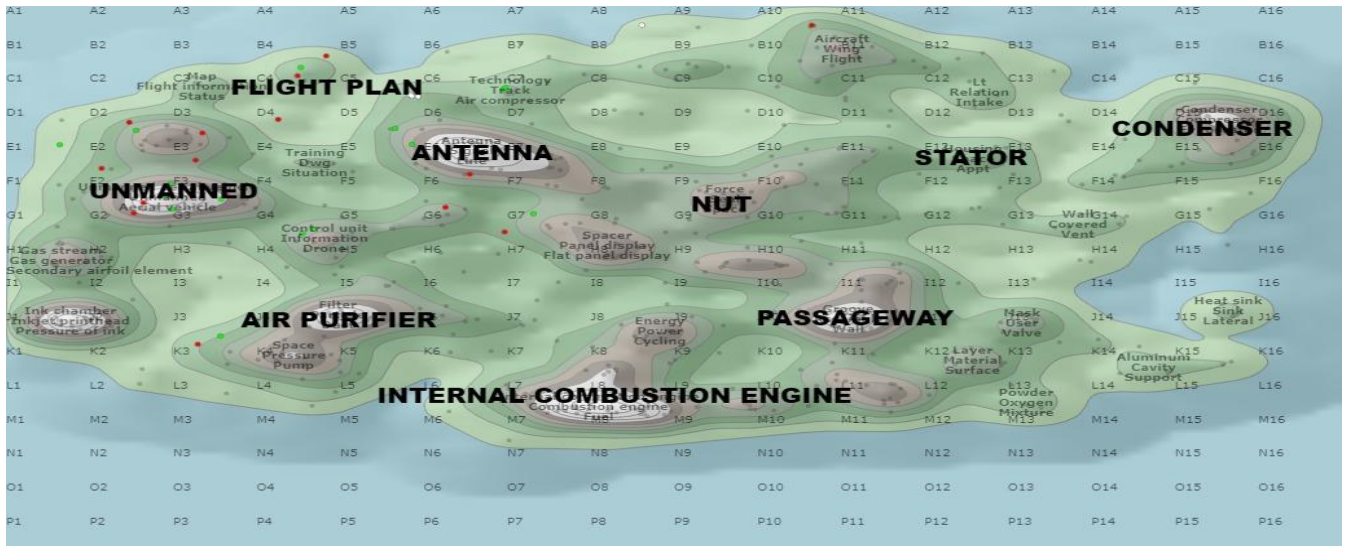


Рис. 3.40 Розміщення на ландшафтній патентній карті підкласів G05D (червоні крапки) і B64F (зелені крапки) (білі крапки – співпадання крапок різного кольору)

Джерело: Derwent Innovation

компресори, зокрема вимірювальний пристрій повітрязабірника військової авіації допоміжної системи живлення;

устаткування (різні сканери) для оцінки корисного навантаження безпілота, його обладнання та програмного забезпечення для управління польотом;

БПЛА, зокрема для моніторингу надзвичайної ситуації, включаючи пристрій управління в аварійних військових ситуаціях; визначення плану польоту безпілотної літака, вибір місця його посадки.

Таким чином, найбільш перспективними технологічними напрямками у військовій повітряно-космічній сфері є технології літальних апаратів, насамперед, безпілотної, обладнання літальних апаратів, систем керування рухом або орієнтації літальних апаратів, навігації, штучного інтелекту та машинного навчання для проєктування літальних апаратів.

Порівняння із перспективними науковими напрямками дозволяє визначити прогностичні напрями науково-технологічного розвитку на найближчі роки. Це, насамперед, *безпілотні літальні апарати, зокрема дрони, системи управління і захисту таких апаратів, використання штучного інтелекту і машинного навчання для проєктування літальних апаратів.* Важливим напрямом прогностичних наукових досліджень є *рої дронів та безпілотні літаки-винищувачі і бомбардувальники.*



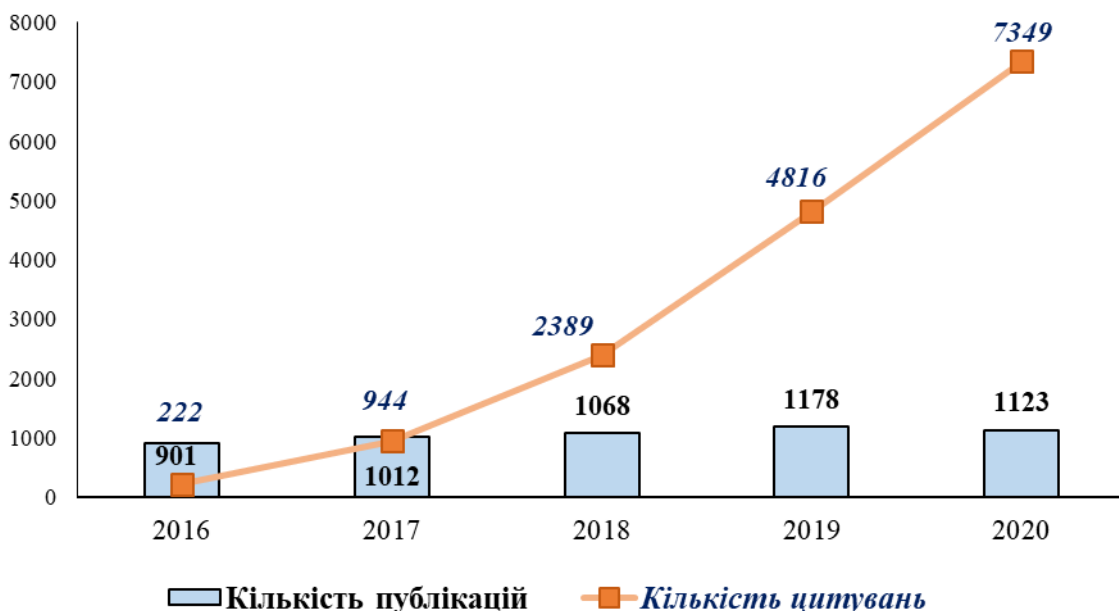
### 3.5 ВІЙСЬКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

Розвиток Збройних Сил нерозривно пов'язаний з розвитком систем управління, важливою складовою яких є системи зв'язку і автоматизації. При цьому удосконалення матеріально-технічної основи системи управління ЗС України має здійснюватися з урахуванням ряду факторів: політичного, економічного, науково-технічного та військового характеру, у зв'язку з тим, що істотно підвищується роль системи зв'язку і автоматизації в сучасних умовах застосування ЗС України. Постійний стрімкий розвиток новітніх технологій, а як наслідок – сучасний світовий розвиток телекомунікаційних систем, дає можливість висвітлити сучасний стан розвитку вітчизняних засобів зв'язку та автоматизації і мереж військового призначення

#### 3.5.1 Наукометричний аналіз

Аналіз публікаційної активності в БД Web of Science, що стосується нових напрямів розвитку сфери військового зв'язку, свідчить, що за період 2016 – 2020 рр. загальна кількість публікацій у світі склала 5282 од. Так, кількість публікацій в період 2016 – 2020 рр. збільшилась на 24,6%, але у 2020 р. спостерігалось зменшення публікаційної активності на 4,7% порівняно з 2019 р.

При досить стабільному зростанні публікацій, що цитувалися протягом 2016 – 2020 рр., спостерігається щорічне зростання кількості цитувань (сумарна кількість яких становила 15720 од.), особливо у період 2018 – 2020 рр. (рис. 3.41)



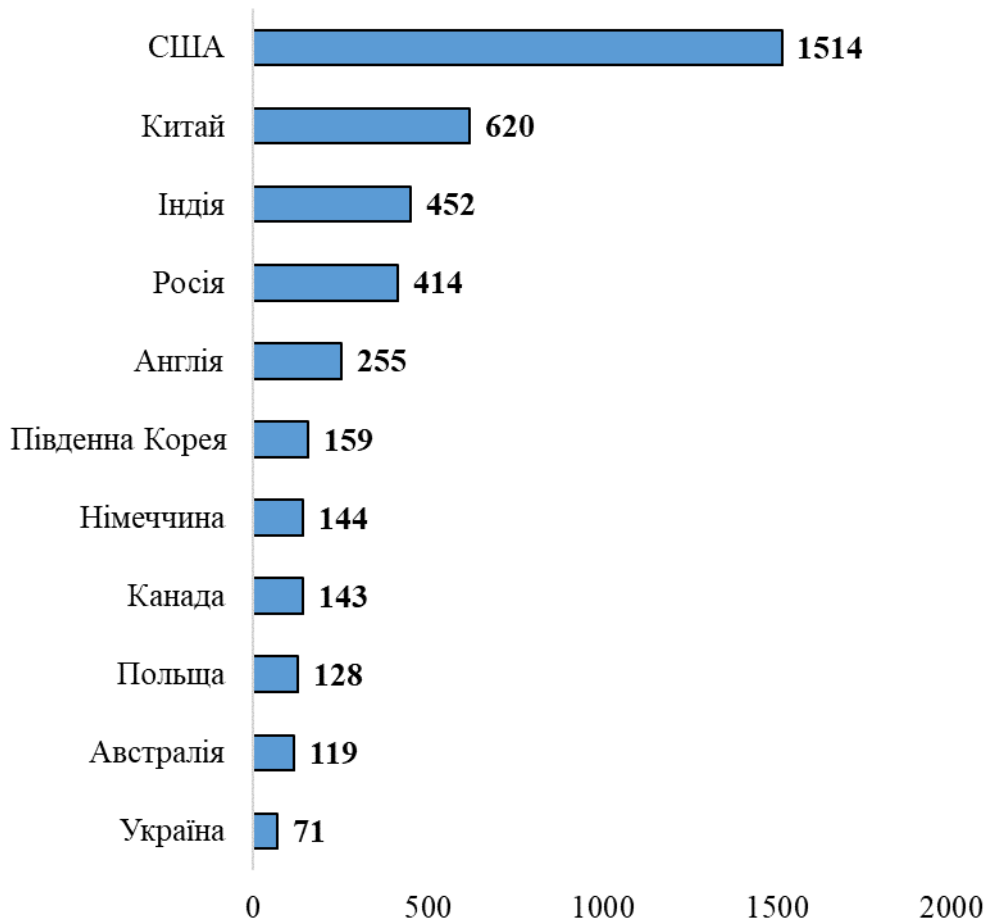
**Рис. 3.41** Динаміка публікацій і цитувань публікацій у сфері військового зв'язку у світі протягом 2016 – 2020 рр., од.

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Серед країн, в яких спостерігається найвища публікаційна активність у сфері військового зв'язку безумовним лідером є США, що мають понад 1,5 тис.

од. публікацій, тобто 28,7% від загальної кількості публікацій у сфері військового зв'язку. Окрім США до топ-5 країн за кількістю публікацій належать також Китай, Індія, Росія та Англія.

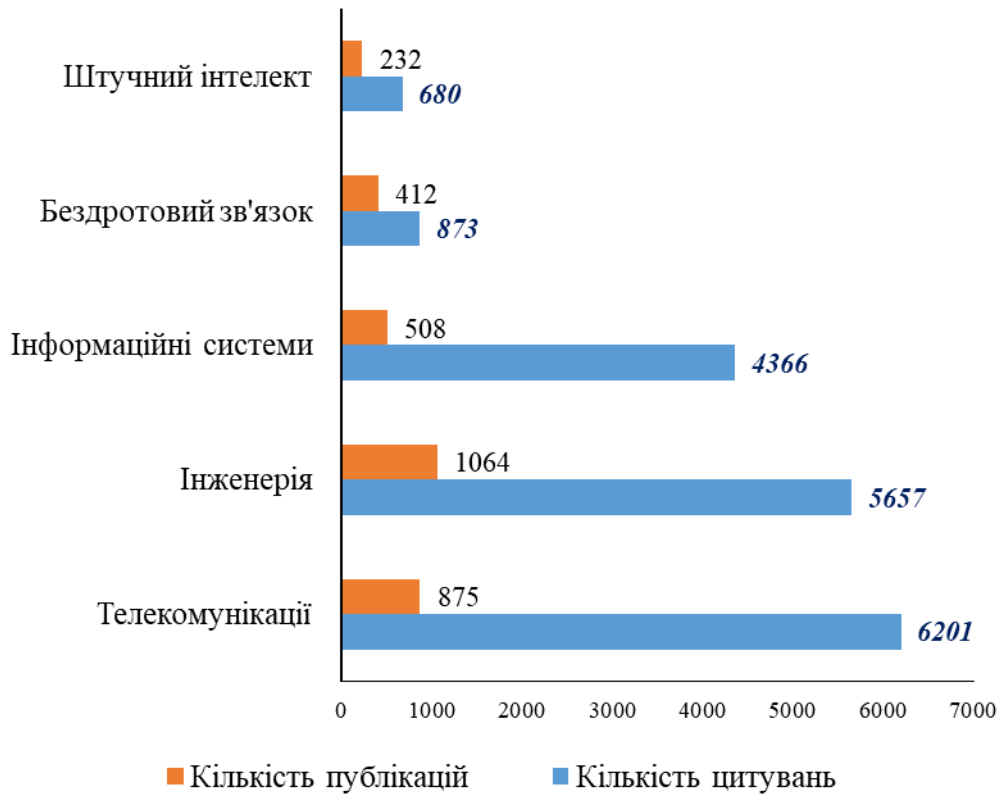
Україна в загальному рейтингу публікацій посідає 18 місце з результатом 71 од. публікацій (рис. 3.42).



**Рис. 3.42 Публікаційна активність країн світу у сфері військового зв'язку за період 2016 – 2020 рр., од.**

Джерело: розроблено авторами на базі даних Web of Science

Аналіз публікацій за період 2016 – 2020 рр. стосовно розвитку нових технологій у сфері військового зв'язку визначив п'ять основних напрямів, що підтверджується не тільки кількістю публікацій, а й кількістю і динамікою цитувань. Лідером за рівнем цитувань є технології телекомунікації як у сфері радіолокації, так і в сфері системи управління військовим зв'язком (рис. 3.43).



**Рис. 3.43** Активність цитувань за напрямками розвитку військового зв'язку у розрізі публікаційної активності за період 2016-2020 рр., од.

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Оновлення парку радіолокаційних станцій пов'язано з введенням в експлуатацію мобільних, цифрових та переважно трикоординатних радіолокаторів. Розвиток елементної бази та технологій побудови антенних систем обумовили широке використання в сучасних радіолокаторах цифрових фазованих антенних решіток. Трикоординатні радіолокатори окрім вимірювання похилої дальності та азимуту повинні забезпечувати вимірювання кута місця для подальшого розрахунку висоти аеродинамічного об'єкта.

Досвід застосування радіостанцій у збройних силах провідних країн світу показує тенденцію інтеграції засобів зв'язку нижніх ланок управління в створювану глобальну інформаційну інфраструктуру.

Рішенню даних завдань сприяють, перш за все, технології бездротового доступу до розподілених інформаційних ресурсів, оскільки переваги використання засобів радіозв'язку під час роботи в мережі очевидні: мобільність, простота і оперативність доступу до даних і т. п. Так, бездротові персональні, локальні і регіональні мережі вже стали реальністю, і після появи відповідних стандартів виробники почали випуск рішень для військових споживачів.

Проте, особливе значення в бойових умовах, що характеризуються зміною обстановки і динамічністю ситуації, набуває можливість формування бездротової мережі, всі функції адміністрування якої виконують самі вузли без участі будь

яких елементів мережевої інфраструктури або оператора. Мережі даного типу отримали назву «мобільні адаптивні мережі» (ad hoc network). У цілому, під мобільною адаптивною мережею розуміється формована сукупністю мобільних вузлів динамічно змінна мережева конфігурація, що володіє наступними властивостями: відсутність зовнішніх механізмів настройки, тобто мережа є амоконфігуруємою; мережевий вузол виконує функції як маршрутизатора, так і кінцевого пристрою; відносний малий час життя мережі в одній і тій же конфігурації.

Бездротові сенсорні мережі (БСМ) відносяться до класу радіомереж, що самоорганізуються. Однак вони мають свої особливості: обмеженість ресурсів вузлів мережі (за пам'яттю, продуктивністю процесору, потужністю радіопередавача); мала дальність та пропускна здатність каналів радіозв'язку між вузлами; концентрація трафіку навколо шлюзу тощо. Тип вузлів (стаціонарний, рухомий), кількість параметрів моніторингу, розмірність мережі, тип трафіка, організація управління (централізована, децентралізована або гібридна) залежать від призначення БСМ та її функцій. На даний час ідуть інтенсивні розробки БСМ тактичної ланки управління, які забезпечуватимуть отримання та передачу розвідувальної інформації про супротивника та видачу її органам управління військами та зброєю.

Основні напрями розвитку та технологічні рішення у сфері військового зв'язку представлені у таблиці 3.10.

**Таблиця 3.10 - Основні напрями розвитку та технологічні рішення у сфері військового зв'язку**

<b>Сфери військового зв'язку</b>	<b>Напрями</b>	<b>Технологічні рішення</b>
<b>Радіолокація</b>	Телекомунікації	Технології антенних решіток у системах зв'язку
		Радар з синтезованою апертурою (SAR)
<b>Зв'язок</b>	Бездротовий зв'язок	Оптичний зв'язок вільного простору
		Підводний оптичний бездротовий зв'язок
		Оптичний зв'язок у космосі
		Бездротові сенсорні мережі
		Методи цифрового шифрування зображень для бездротових сенсорних мереж
		Бездротове збирання енергії для продовження терміну служби мереж з обмеженою потужністю, таких як військові та сенсорні мережі

	Інформаційні системи	Єдина система військового супутникового зв'язку та управління (космічна система обміну даними між суб'єктами бойових дій на суші і на морі, в повітрі і в космосі)
		Міжсупутникові комунікації для малих супутникових систем
		Система бездротового зв'язку на основі повітряного інтерфейсу OFDM/QAM
<b>Система управління</b>	Інженерія	Сучасні технології зв'язку БПЛА
		Використання БПЛА для збору даних з бездротових сенсорних мереж
	Телекомунікації	Системи управління групою (роєм) БПЛА. Використання методу ройового інтелекту
		Технологія багатосферного управління і контролю (MultiDomain Command and Control — MDC)
<b>Інтернет речей (IoT)</b>	Штучний інтелект	Трирівнева гетерогенна мережа космос-повітря-земля
		Безпека в IoT
		Застосування готових комерційних пристроїв Інтернету речей у військовій сфері

Джерело: розроблено авторами на базі даних *Web of Science*

Отже, перспективними науковими напрямками у сфері військового зв'язку є:

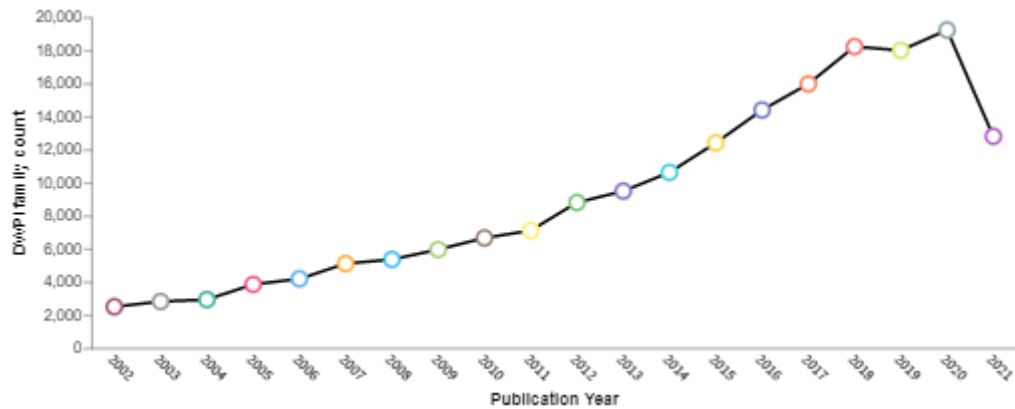
- технології телекомунікації;
- технології бездротового доступу до розподілених інформаційних ресурсів;
- технології бездротової мережі, зокрема мобільні адаптивні мережі;
- технології самоорганізованої радіомережі;
- технології штучного інтелекту і безпеки Інтернету речей.

Як зазначалося у розділі 3.2 ще одним перспективним напрямом є технології зв'язку 5G (Communication 5G).

### 3.5.2 Патентний аналіз<sup>7</sup>

Система пошуку бази Derwent Innovation визначила 190717 сімейств щодо технологій військового зв'язку і комунікацій. Динаміка патентування у цій сфері є монотонно зростаючою, а за окремими напрямками приріст становив значну кількість патентів, і їхня динаміка була стрімко зростаючою. Одним з таких напрямів є блокчейн, загальна кількість патентів якого станом на вересень 2021 р. становила більше 5000 од. (рис. 3.44).

<sup>7</sup> SSTO=( "Military Information Technology" OR "Military communication" OR "Defense Communication" OR "Defense Information System" ) OR ( IC=( F41 OR F42 OR G06 ) AND SSTO=( "MILITARY Information Technology" OR "MILITARY communication" OR "Defense Information System" ) ) AND PY>=(2016) AND PY<=(2020);

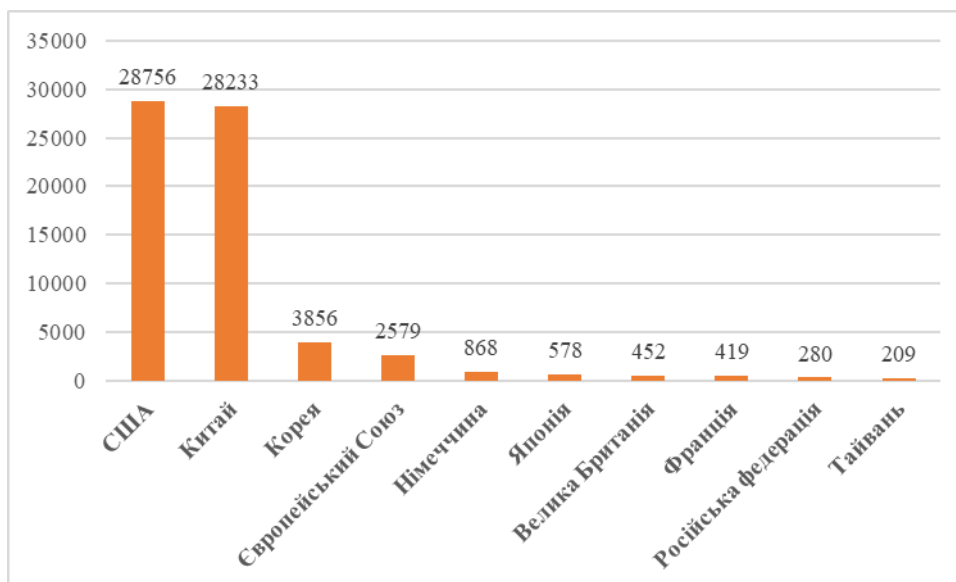


**Рис. 3.44** Динаміка патентування у сфері військового зв'язку і комунікацій, 2002-2021\* рр., од.

\*2021 р. – неповні дані

Джерело: Derwent Innovation

Серед країн світу найбільше патентів отримали заявники із США, на другому місці – винахідники Китаю (рис. 3.45).



**Рис. 3.45** Розподіл патентів у сфері військового зв'язку і комунікацій за країнами світу за період 2016-2020 рр., од.

Джерело: Розроблено авторами на основі Derwent Innovation

На сьогодні у відібраному масиві патентів представлено 30 технологічних класифікацій, які зустрічаються у 52% записів відібраного масиву патентів. Топ-3 технологічними напрямками є (рис. 3.46):

- Блокчейн, хмара, мережа, ресурс, пакет, обчислення, надсилання (H04L);
- Мережі бездротового зв'язку (H04W) - обладнання користувача, безпроводова мережа, підключення, індикація, ресурс, передавання, мережа;

- Комп'ютер, перехідний, сенсорний, обробка інформації, користувач, віртуальний, управління (G06F).

Топ-технологія “Блокчейн, хмара, мережа, ресурс, пакет, обчислення, надсилання” вийшла у 2020 р. на перше місце, добавляючи останні роки по 43 патенти щорічно.

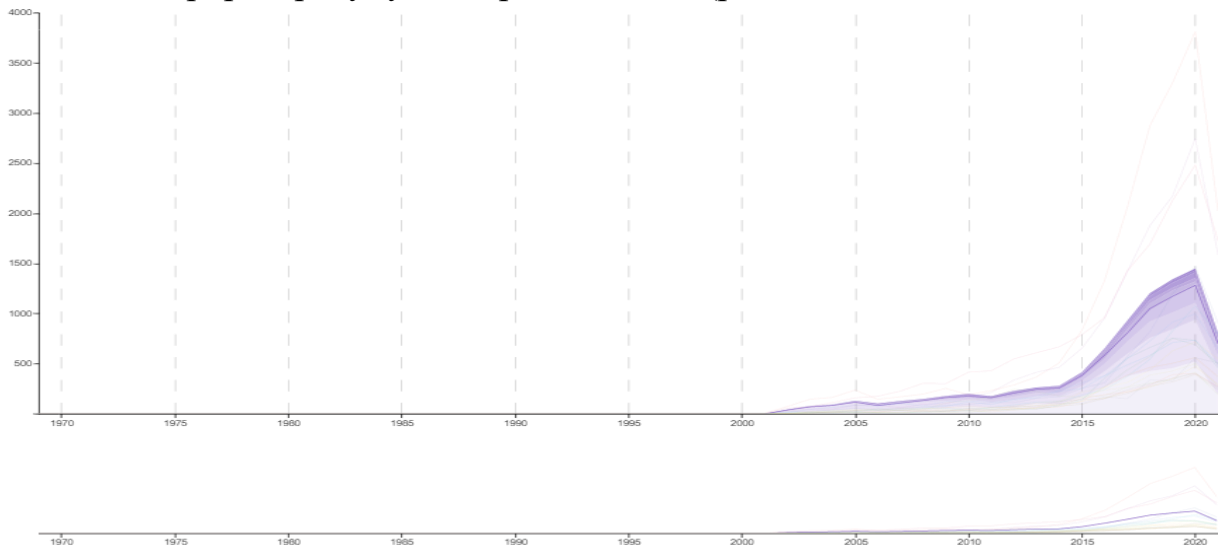


**Рис. 3.46** Розподіл Топ-10 технологічних класифікацій у сфері військового зв'язку і комунікацій за період 2016-2020 рр., од.

До перспективних технологічних напрямів система Derwent Innovation відносить 15 напрямів, включаючи вищезначені 3 напрями. До напрямів із великою кількістю патентів і значними темпами росту патентування відносяться 8 груп:

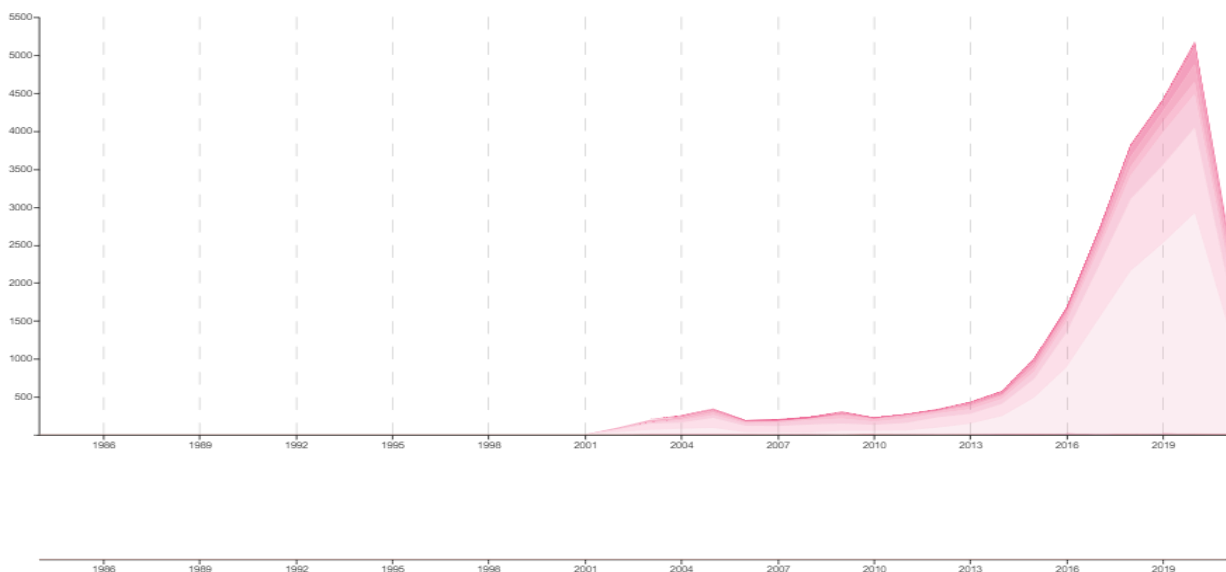
- бездротовий зв'язок, перевірка інформації на каналі, обладнання користувача, формування проміню, зв'язок, радіочастота, передавання (рис. 3.47);
- блокчейн, хмара, мережа, ресурс, пакет, обчислення, надсилання (рис. 3.48);
- обладнання користувача, мережа бездротового зв'язку, підключення, індикація, ресурс, передавання, мережа (рис. 3.49);
- антенна, міліметрова хвиля, випромінювання, радар, радіочастотний, бездротова комунікація, мобільний термінал (рис. 3.50);
- комп'ютер, перехідний, сенсорний, обробка інформації, користувач, віртуальний, управління (рис. 3.51);
- печатна плата, розсіювання тепла, провідник, багатошаровий, екранування (рис. 3.52);

- напівпровідник, шар, підложка, ворота, випромінювання світла (рис. 3.53);
- лідар, радар, супутник, радіозв'язок (рис. 3.54).



**Рис 3.47** Динаміка патентування технологій за підкласом H04B – бездротовий зв'язок, перевірка інформація на каналі, обладнання користувача, формування проміню, зв'язок, радіочастота, передавання

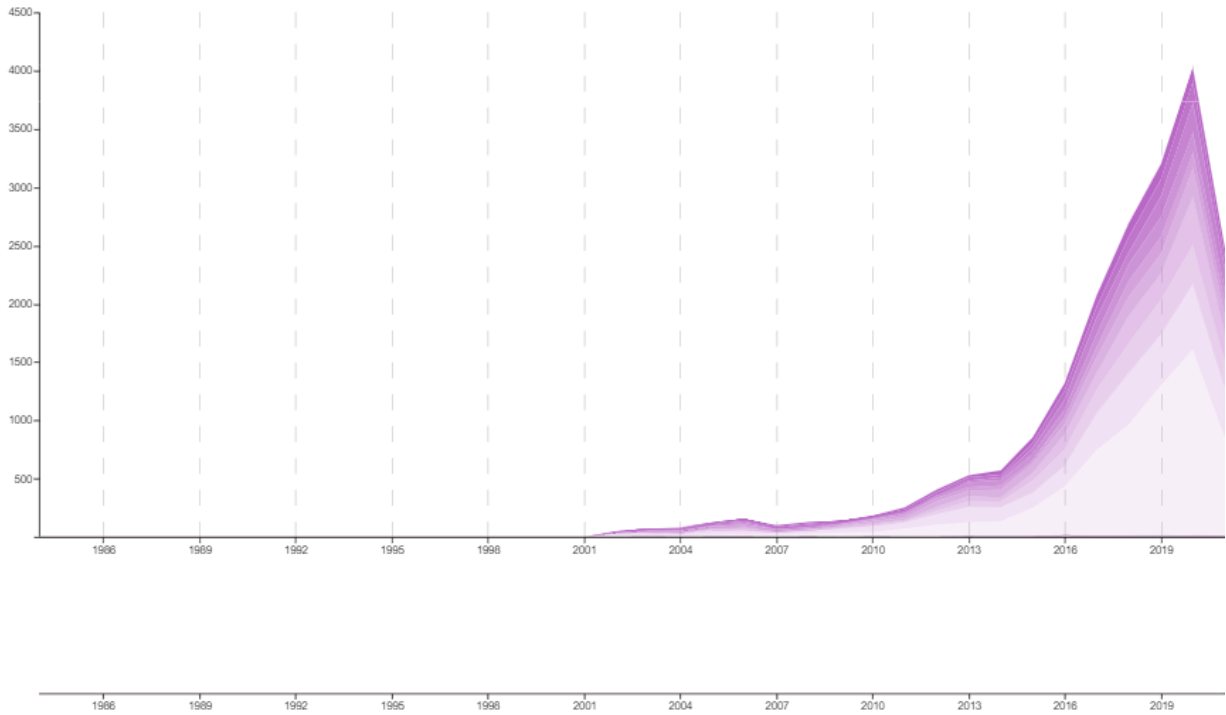
Джерело: Derwent Innovation



**Рис 3.48** Динаміка патентування технологій за підкласом H04L - передавання дискретної інформації, зокрема блокчейн, хмара, мережа, ресурс, пакет, обчислення, надсилання

Джерело: Derwent Innovation

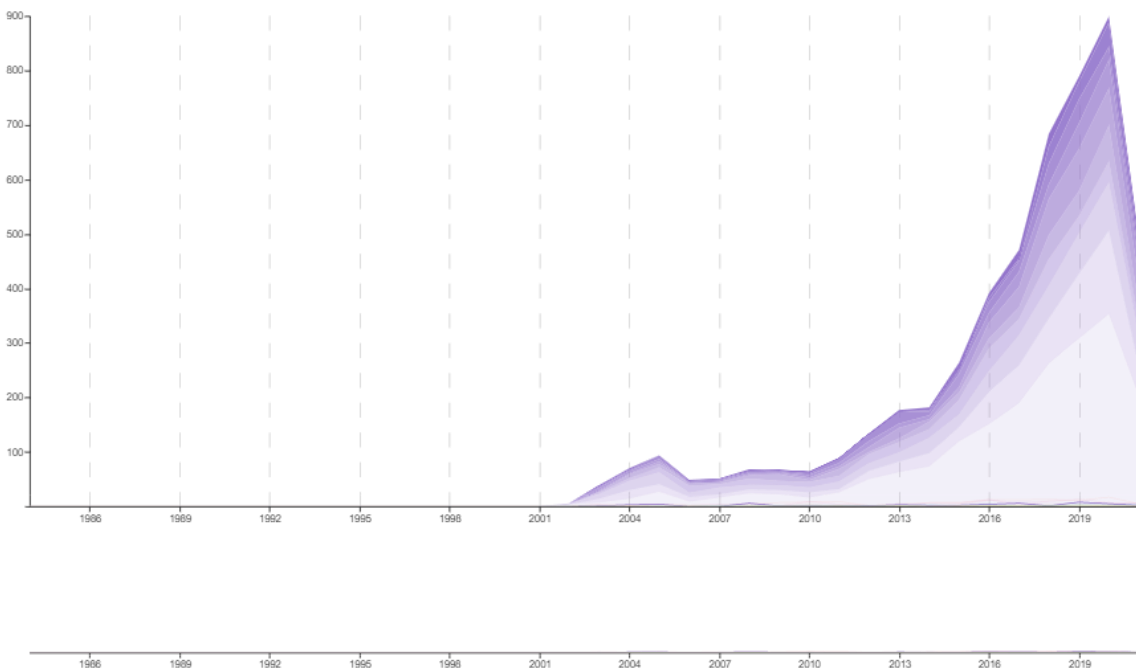




Рис

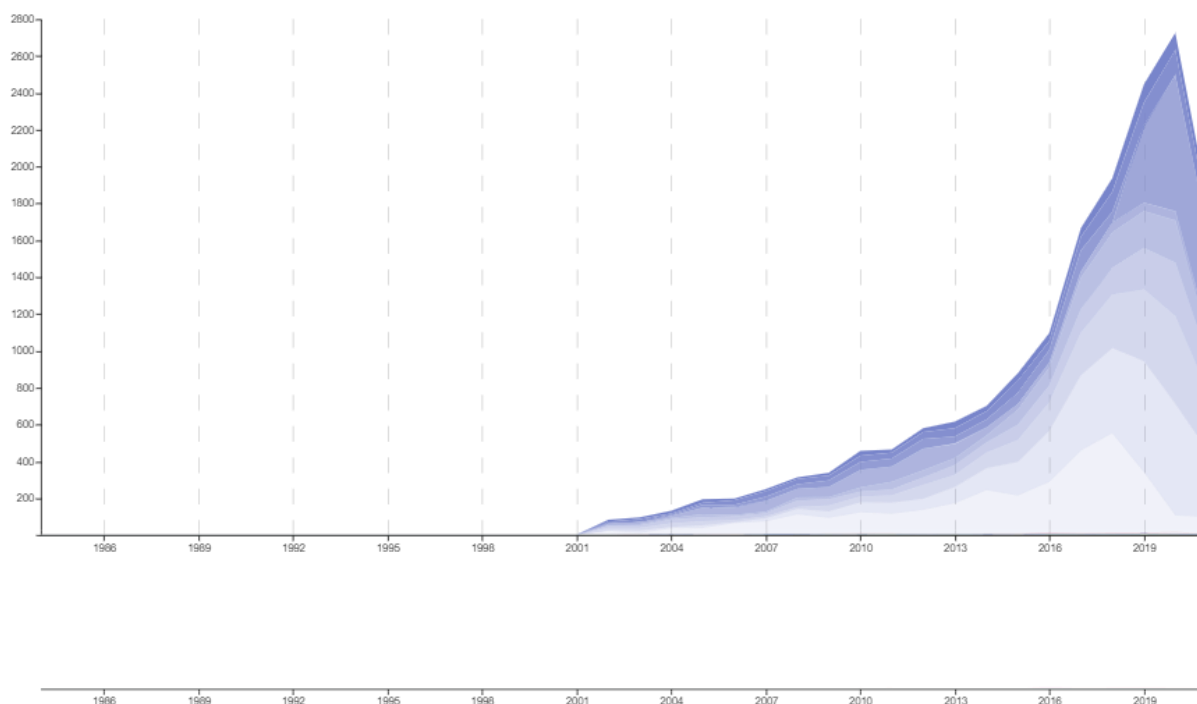
**3.49** Динаміка патентування технологій за підкласом H04W - обладнання користувача, мережа бездротового зв'язку, підключення, індикація, ресурс, передавання, мережа

Джерело: Derwent Innovation



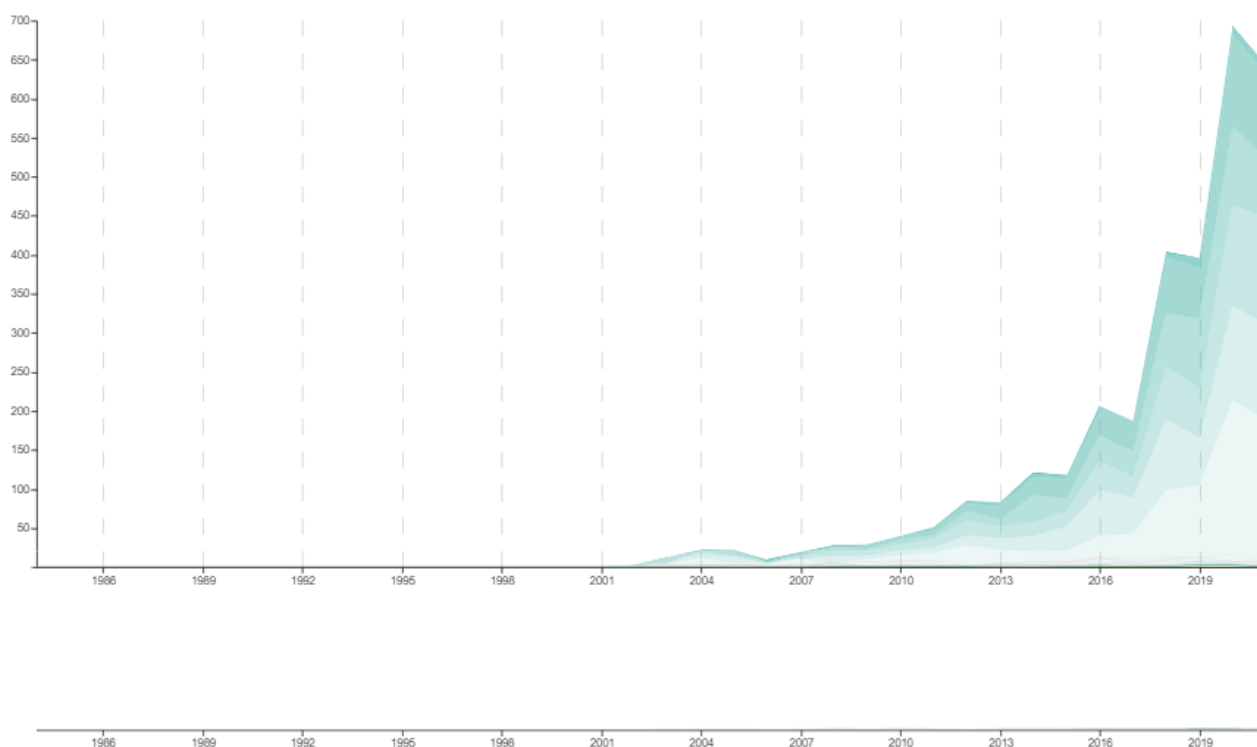
**Рис. 3.50** Динаміка патентування технологій за підкласом H01Q (антени, радіоантени) - антена, міліметрова хвиля, випромінювання, радар, радіочастотний, бездротова комунікація, мобільний термінал

Джерело: Derwent Innovation



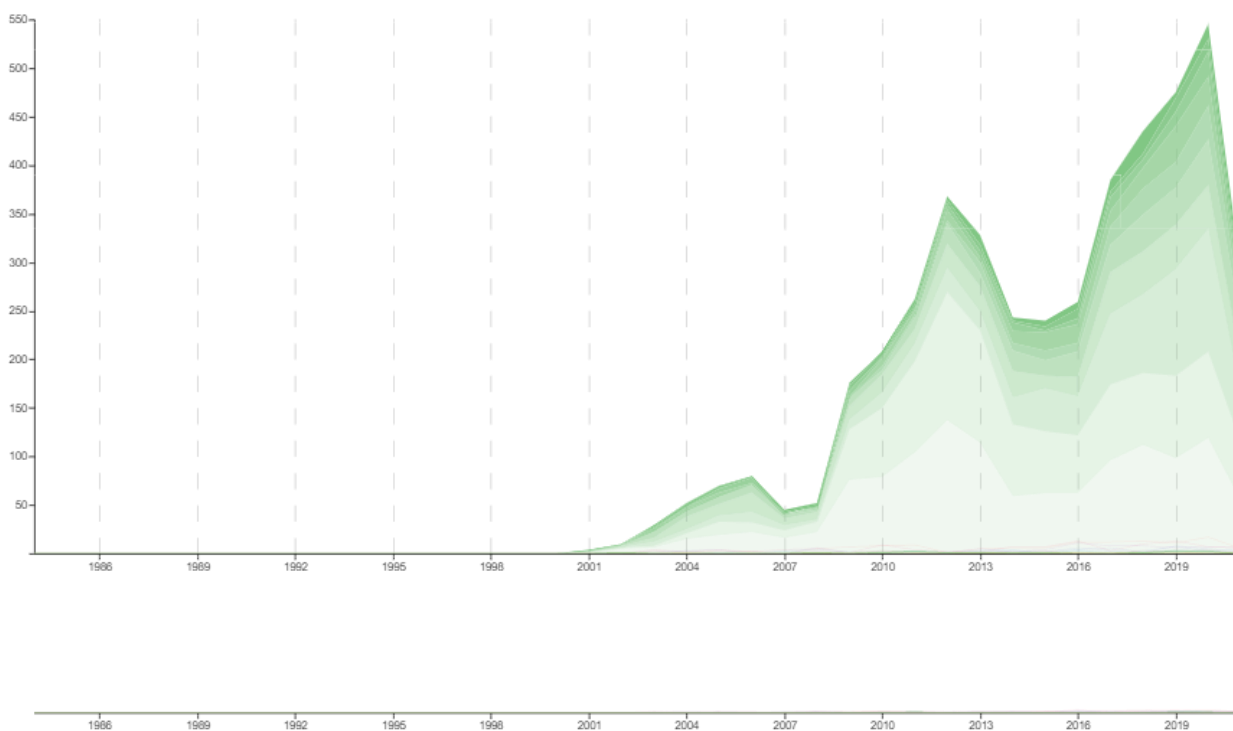
**Рис. 3.51** Динаміка патентування технологій за підкласом G06F (оброблення цифрових даних за допомогою електричних пристроїв) – комп’ютер, перехідний, сенсорний, обробка інформації, користувач, віртуальний, управління

Джерело: Derwent Innovation



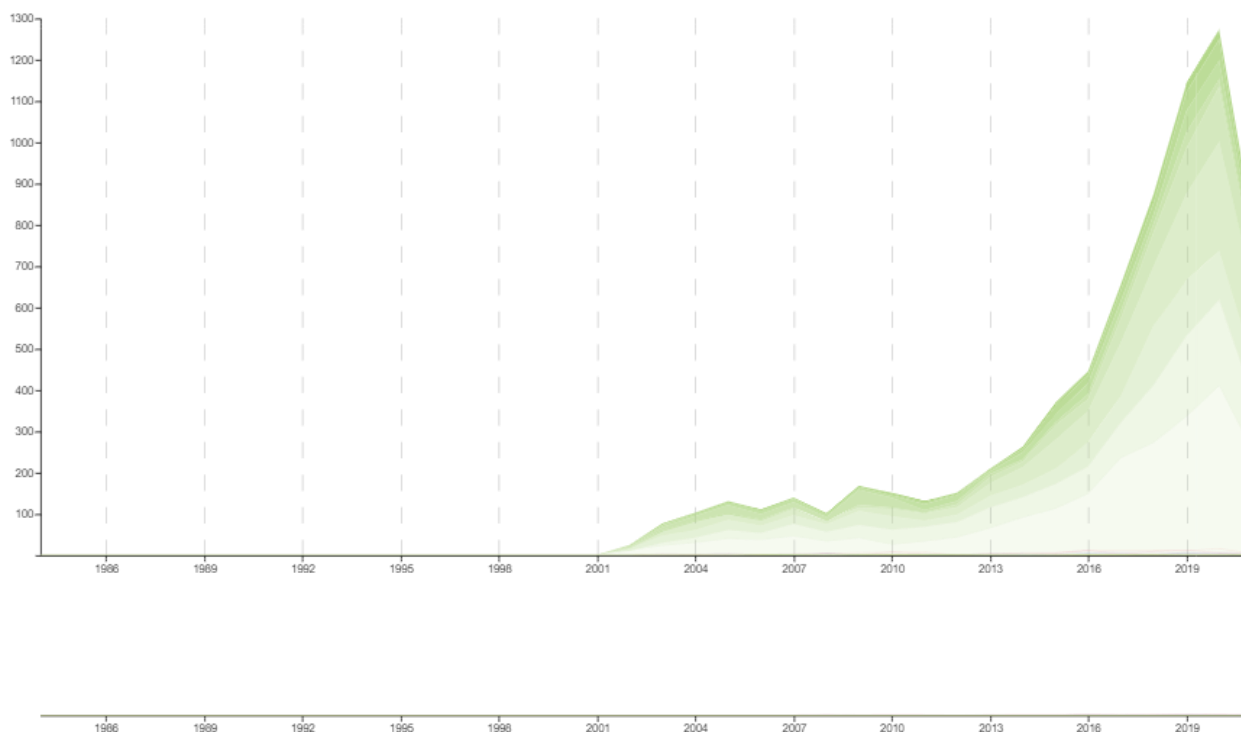
**Рис. 3.52** Динаміка патентування технологій за підкласом H05K (друковані схеми; корпуси чи конструктивні елементи електричних приладів; виготовлення блоків електричних елементів) - печатна плата, розсіювання тепла, провідник, багатошаровий, екранування

Джерело: Derwent Innovation



**Рис. 3.53** Динаміка патентування технологій за підкласом H01L (напівпровідникові прилади; електричні твердотільні прилади) – напівпровідник, шар, підложка, ворота, випромінювання світла

Джерело: Derwent Innovation



**Рис. 3.54** Динаміка патентування технологій за підкласом G01S (радіопеленгація; радіонавігація; аналогічні системи з використанням інших видів хвиль) – лідар, радар, супутник, радіозв'язок

Джерело: Derwent Innovation

Інші перспективні напрями мають суттєво меншу кількість патентів і менші темпи росту патентування. До таких напрямів відносяться напрями з ключовими словами:

резонатор, електромагнітна хвиля, постійний фільтр, антена, лінія передачі;  
шифрування, ключ, криптографія, безпека, комунікація;

сигнал синхронізації, мультиплексування розділу, комунікація, бездротове, обладнання користувача, базова станція, передача;

об'єктив, оптичний, віртуальний, зображення, камера, дисплей, доповнена реальність;

інтернет речей, пасивна оптична мережа, комп'ютерне середовище, комунікація, дистанційне, довжина хвилі, управління;

резонатор, частотний фільтр, індуктор, транзистор, потужність, сигнал, вихід;

електропровідний, надпровідний.

Більш детальний аналіз дозволив визначити більш вузькі напрями перспективних технологій (табл. 3.11).

**Табл. 3.11 - Групи технологій із найвищими темпами патентування**

Підклас	Група (код)	Назва групи
H04B	H04B0003	Системи проводового зв'язку
	H04B0001	Елементи передавальних систем
	H04B0013	Передавальні системи, характеризовані середовищем для передавання сигналів
	H04B0014	Передавальні системи, не характеризовані середовищем, яке використовується для передавання сигналів
	H04B0015	Заглушування чи обмежування шумів або перешкод
H04L	H04L0001	Пристрої для виявлення помилок в інформації, що приймається або для запобігання їм
	H04L0005	Пристрої, що забезпечують багаторазове використання передавального тракту
	H04L0007	Пристрої для синхронізування приймача з передавачем
H04W	H04W0064	Розміщення користувачів або терміналів для цілей керування мережею,
	H04W0016	Планування мереж, наприклад засоби планування охоплення або трафіку; розгортання мережі
G06F	G06F0013	Взаємодія або переміщення інформації або інших сигналів між запам'ятовуючими пристроями, пристроями введення-виведення або пристроями центрального процесора
H01Q	H01Q0007	Рамкові антени з по суті рівномірним розподілянням струму

		вздовж рамки і діаграмою спрямованості випромінювання, що розміщуються в площині, перпендикулярній до площини рамки
	H01Q0017	Пристрої для поглинання випромінюваних антеною хвиль; комбінації таких пристроїв з активними елементами антен або антенними системами
H05K	H05K0003	Пристрої або процеси для виготовлення друкованих схем
	H05K0005	Корпуси, шафи та висувні шухляди для електричних приладів
	H05K0013	Пристрої або процеси, спеціально призначені для виготовлення чи для настроювання блоків електричних елементів
H01L	H01L0033	Напівпровідникові прилади принаймні з одним потенціальним або поверхневим бар'єром, спеціально пристосовані для випромінювання світла; способи або пристрої, спеціально пристосовані для виготовлення або оброблення таких приладів або їх частин; конструктивні елементи таких приладів
	H01L0035	Термоелектричні прилади, що містять перехід різнорідних матеріалів, тобто такі, що виявляють ефект Зеєбека або Пельтьє, з іншими термоелектричними або термомагнітними ефектами або без них; способи або пристрої, спеціально пристосовані для виготовлення або оброблення таких приладів або їх частин; конструктивні елементи таких приладів
G01S	G01S0003	Пеленгатори для визначання напрямку, з якого надходять інфразвукові, звукові, ультразвукові або електромагнітні хвилі, або потоки елементарних частинок, що не мають вираженої спрямованості
	G01S0001	Маяки та системи маяків, які передають сигнали з характеристикою або характеристиками, що дозволяють виявляти їх за допомогою приймачів ненаправленої дії та визначати напрямки, положення або лінії положення, фіксовані відносно передавачів маяків
	G01S0015	Системи з використанням відбивання або перевипромінювання акустичних хвиль, наприклад гідроакустичні комплекси

Джерело: Derwent Innovation

Перспективність усіх вказаних напрямів підтверджується розміщенням їх на ландшафтній карті патентів військового зв'язку і комунікацій. Вона є доволі зеленою (рис. 3.55). Усі перспективні підкласи і групи патентної класифікації з відібраного масиву розміщуються на ділянках різного кольору, але зелений і блакитний є переважаючими або становлять не менше 50%. Деякі прилади наведені на рис. 3.56-3.58.

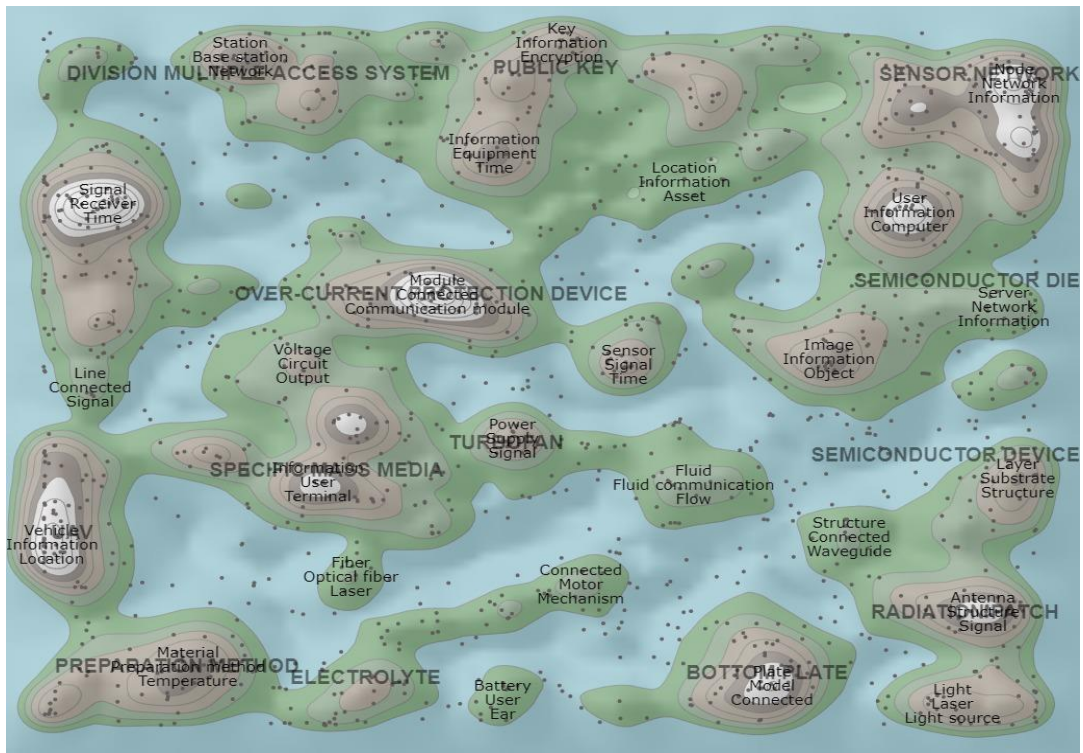


Рис. 3.55 Ландшафтна карта патентування за тематичним напрямом “Військовий зв’язок і комунікації”, 2016-2020 рр.

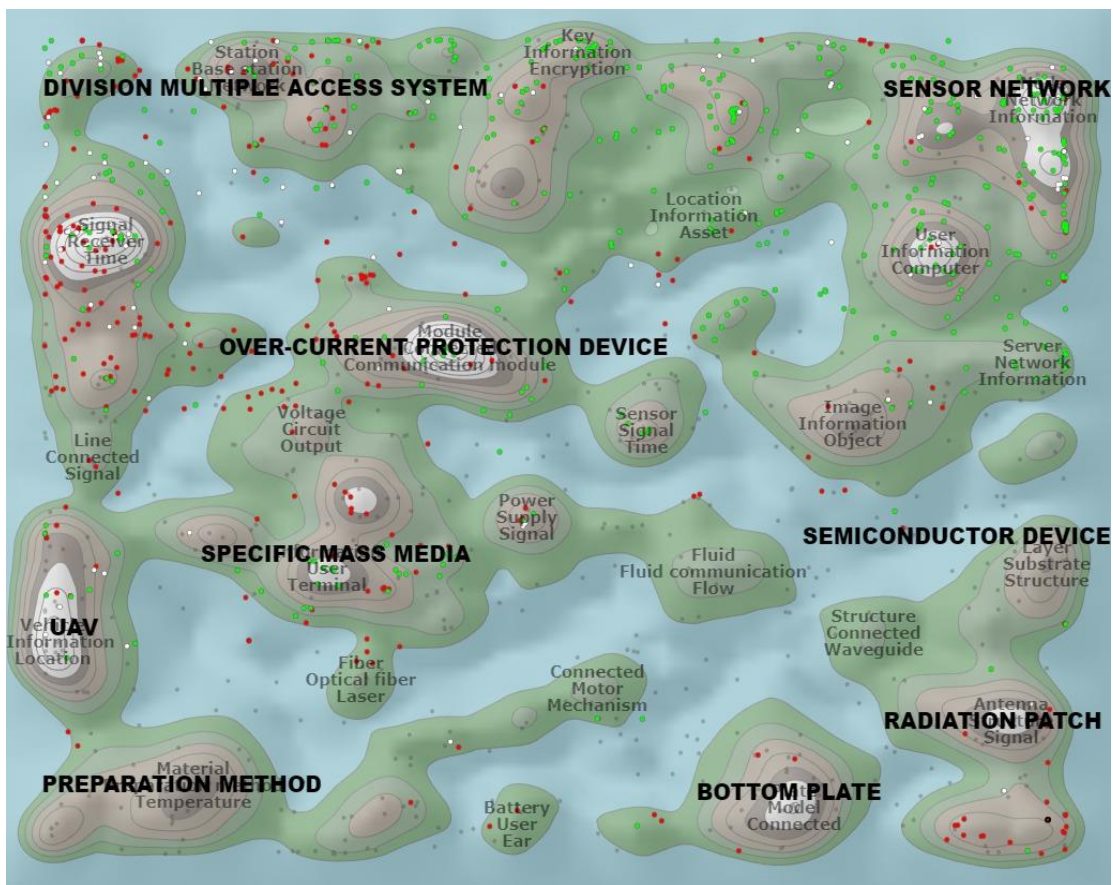


Рис. 3.56 Ландшафтна карта патентування за підкласами H04B (червоні крапки) і H04L (зелені крапки), 2016-2020 рр. (білі крапки – співпадання)



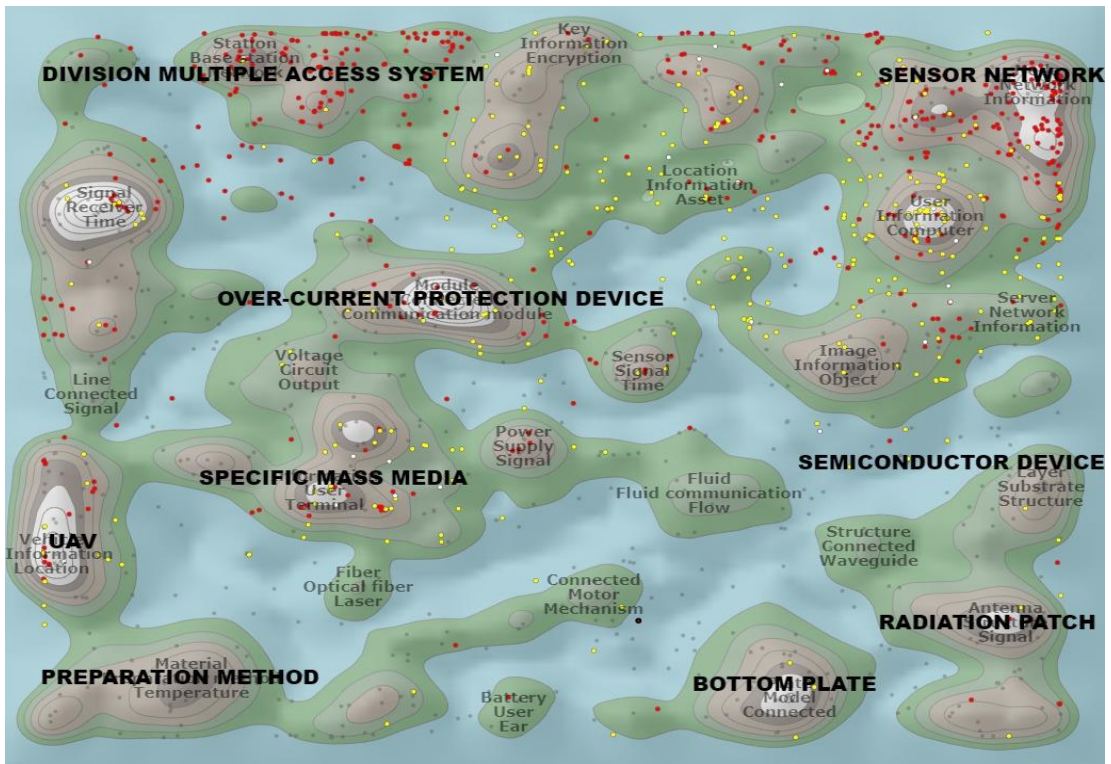


Рис. 3.57 Ландшафтна карта патентування за підкласами H04W (червоні крапки) і G06F (жовті крапки), 2016-2020 рр.

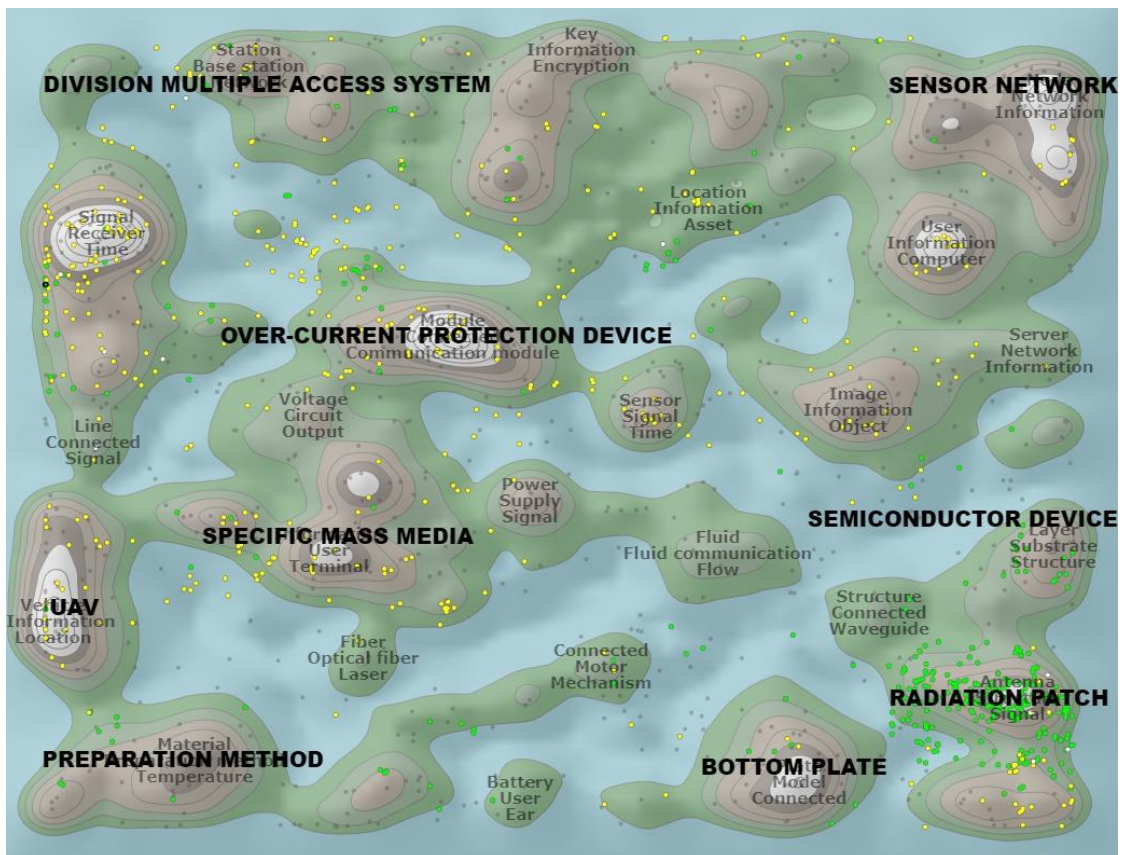


Рис. 3.58 Ландшафтна карта патентування за підкласами H01Q (зелені крапки) і G01S (жовті крапки), 2016-2020 рр.

Перспективні наукові напрями – 5 G зв'язок, квантові технології, Інтернет речей, штучний інтелект – представлені незначною кількістю патентів, тобто, ці напрями лише починають розвиватися у військовій сфері. Багато з них розміщуються на блакитних ділянках, що означає, що тематика патентування лише формується (рис. 3.59).

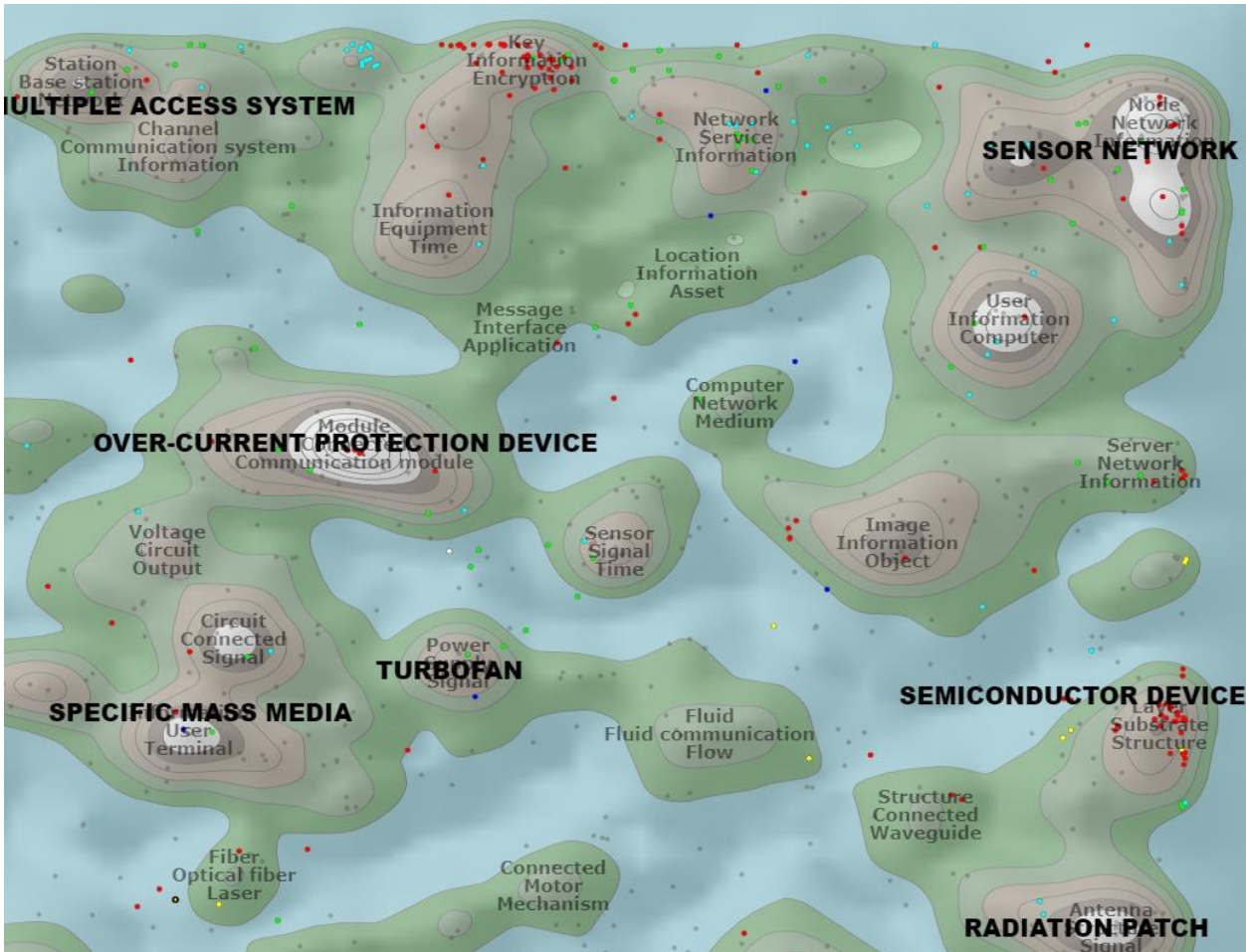


Рис. 3.59 Ландшафтна карта нових технологічних напрямів – квантові технології (червоні крапки), Інтернет речей (зелені крапки), 5G зв'язок (блакитні крапки), ШІ (сині крапки), 2016-2020 рр.

Таким чином, найбільш перспективними технологічними напрямами розвитку сфери військового зв'язку і комунікацій є:

- дротяний і бездротовий зв'язок,
- блокчейн,
- хмара, мережа бездротового зв'язку;
- перевірка і захист інформації
- різні види зв'язку – радіо, акустичний, оптичний, комп'ютерний, супутниковий;
- прилади та устаткування для систем, мереж зв'язку,
- квантові технології, технології Інтернету речей і зв'язку 5G.



Прогнозованими перспективними напрямками науково-технологічного розвитку є:

- бездротовий зв'язок;
- мережі зв'язку, зокрема мобільна адаптивна мережа;
- 5G зв'язок;
- блокчейн, штучний інтелект;
- Інтернет речей та його безпека;
- безпека мереж зв'язку та інформації;
- прилади та устаткування для систем, мереж зв'язку;
- радіолокатори.

Слід звернути увагу на технології самоорганізованої радіомережі, які є перспективними для наукових досліджень, але ще відсутні у відкритих патентних базах.

## ВИСНОВКИ

Аналіз науково-технологічних напрямів розвитку військової сфери дозволив визначити, що напрями, визначені міжнародними організаціями та консалтинговими агентствами, корелюють і з напрямками, визначеними авторами дослідження на основі наукометричного і патентного аналізу.

При цьому прогнозовані перспективні напрями наукових досліджень, визначені шляхом наукометричного аналізу публікацій Web of Science, більше або майже повністю співпадають із прогнозами НАТО, корпорації RAND.

Прогнозні технологічні напрями досліджень, визначені авторами на основі патентної бази Derwent Innovation, не менше ніж на 50-60% співпадають із прогнозами міжнародних організацій та прогнозованими перспективними науковими напрямками, тому що найбільш проривні технології тільки починають патентуватися і визначають нові технологічні напрями.

Основними прогнозованими напрямками науково-технологічних досліджень в області озброєння і військової техніки є:

- штучний інтелект, блокчейн;
- Інтернет речей та його безпека;
- безпілотні транспортні засоби та робототехніка, дрони та рої дронів;
- підводний транспорт, зокрема підводні човни;
- нові матеріали, зокрема з ефектом невидимості, броньовані, біоматеріали;
- електрифікація військового транспорту та альтернативні джерела енергії;
- безпека літальних апаратів;
- мережі зв'язку, зокрема бездротового, мобільна адаптивна мережа, їхня безпека.

Найперспективнішим напрямом лишається штучний інтелект (AI) – одна з революційних технологій 2021 року. Подальший розвиток цього напрямку якісно змінить армії і види озброєнь. Ще одним революційним напрямом можуть стати технології зберігання енергії та отримання нових матеріалів. Ці напрями, швидше за все, будуть розвиватися високими темпами.

## ДОДАТОК А

**Кількість публікацій і цитувань у базі даних Web of Science за ключовими словами за тематикою “Сухопутні війська”**

	Кількість публікацій, од.						Усього, од.	Кількість цитувань, од.						Усього, од.	Темп росту цитувань, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2016	2017	2018	2019	2020	2021		2020/2016
<b>Військова техніка механізованих і танкових військ</b>															
Бойовий танк "battle tank"	17	17	18	16	17	13	85	9	13	33	35	62	46	152	689
Боевая машина пехоты " infantry fighting vehicle"	4	11	7	7	1	4	30	6	6	8	8	12	10	40	200
Бронетранспортер "armoured personnel carrier"	2	2	3	4	4	4	15	2	2	2	3	11	4	20	550
Винищувач танків "tank destroyer"	4	3	2	2	1	1	12	2	2	7	6	6	3	23	300
Військові наземні транспортні засоби "Military ground vehicles"	110	130	147	160	167	76	714	113	289	452	883	1179	947	2916	1 043
Безпілотні наземні транспортні засоби "Unmanned ground vehicles (UGV)"	52	54	61	92	81	38	340	100	141	227	512	717	564	1697	717
Бойова інженерна машина "Combat engineering vehicle"	7	4	13	8	7	5	39	6	6	7	13	23	18	55	383
Машина для розмінування "Mine clearing vehicle"	2	3	1	3	1	2	10	2	2	4	4	4	6	16	200
Військовий радар "Military radar"	95	184	144	130	123	113	676	155	276	496	850	1327	998	3104	856
Томографічний радар "Tomographic Radar"	62	43	70	64	63	29	302	98	198	212	381	500	387	1389	510
Радарна поляриметрія "Radar polarimetry"	29	22	25	27	26	10	129	15	50	59	88	134	92	346	893
Дрони "Drones"	26	23	28	45	43	22	165	25	65	95	238	300	245	723	1 200
Безпілотний бойовий літальний апарат "Unmanned combat aerial vehicle"	26	30	50	59	51	21	216	17	17	77	183	225	238	519	1 324
<b>Системи озброєння</b>															
Артилерія "Artillery"	129	118	98	121	132	58	598	31	86	112	154	243	328	626	784
Ракетна-артилерія "Missile-artillery"	5	7	6	7	5	2	30	3	4	8	12	15	7	42	500
Тактична балістична ракета " Tactical ballistic missile"	5	7	3	6	5	4	26	10	14	20	38	24	16	106	240
Зенітний "Anti-aircraft"	14	13	12	17	8	4	64	5	10	11	9	21	22	56	420
Стрілецька зброя "Small Arms"	21	34	34	37	37	31	163	20	28	53	114	167	161	382	835
Легке озброєння "Light Weapons"	5	2	8	8	5	2	28	3	3	4	14	23	3	47	767
Ручна граната "Hand grenade"	8	7	4	4	5	5	33	24	41	35	26	38	11	164	158

	Кількість публікацій, од.						Усього, од.	Кількість цитувань, од.						Усього, од.	Темп росту цитувань, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2016	2017	2018	2019	2020	2021		2020/2016
Граната "Grenade"	12	9	5	5	8	3	42	54	89	86	76	88	54	393	163
Гвинтівкова граната "Rifle Grenade"	3	6	5	4	4	4	26	3	3	3	4	4	4	21	133
Димова граната "Smoke grenade"	2	2	3	2	3	3	15	1	5	8	1	1	1	16	100
Босприпаси "Munitions"	172	133	126	134	124	69	689	148	366	589	677	1052	749	2832	711
Гранатомети "Grenade launchers"	2	2	3	3	3	3	16	2	2	9	8	5	1	26	250
Протитанкова зброя "Anti-Tank Weapons"	15	8	7	7	10	2	47	2	4	5	6	15	14	32	750
Протитанкова ракета "Anti-tank missile"	2	2	3	3	2	2	14	11	21	16	13	13	7	74	118
Протитанкова керована ракета "Anti-tank guided missile"	5	1	1	1	1	1	10	2	2	1	2	3	1	10	150
Переносні системи протиповітряної оборони "Man-portable air-defense systems"	2	2	5	3	3	4	19	1	2	2	1	1	1	8	100
Міномети "Mortars"	8	11	6	11	19	4	55	14	15	18	45	170	185	262	1 214
Точна зброя "Precision weapons"	34	45	42	48	57	28	226	106	169	205	275	340	218	1095	321
Лазерна зброя "Laser weapons"	37	41	48	63	51	26	240	20	106	161	242	341	281	870	1 705
Високоточна зброя "High-precision weapons"	9	12	12	9	17	8	59	9	33	26	34	65	33	167	722
Системи точного удару "Precision-strike systems"	10	12	16	20	22	9	80	7	15	20	27	49	28	118	700
Системи озброєння "Weapon systems"	9	9	8	15	18	9	59	8	21	27	30	52	39	138	650
Розмінування "Mine Clearance"	29	23	26	36	35	22	149	60	137	156	267	421	327	1041	702
Наземні міни "Land mines"	105	107	97	75	45		429	64	94	220	412	564	324	1678	881
<b>Роботизовані, автономні і дистанційно керовані засоби</b>															
Робототехніка "Robotics"	21	221	26	30	20	10	318	17	25	47	119	126	107	334	741
Польова робототехніка "Field robotics"	5	7	4	5	6	4	27	4	18	14	28	35	25	99	875
Роботизована система "Robotic System"	13	15	18	23	13	8	82	7	9	23	83	94	73	216	1 343
Роботизована зброя "Robotic weapons"	13	10	11	12	14	8	60	10	15	28	64	87	66	204	870
Дистанційна зброя "Remote weapons"	15	23	19	20	21	11	98	12	24	51	72	118	69	277	983
Безпілотні платформи "Unmanned platforms"	8	12	13	14	16	8	63	8	11	26	68	98	57	211	1 225
<b>Військові технології</b>							0								
Протиракетна оборона "Missile defense"	4	11	12	14	15	7	56	4	7	6	11	10	13	38	250
Протиповітряна оборона "Air defence"	312	299	341	327	334	180	1613	623	1260	2133	3367	4742	3620	12125	761
Оборонна технологія "Defence technology"	69	81	92	128	104	49	474	120	182	337	566	753	578	1958	628
Ракетна технологія "Rocket technology"	127	150	145	158	133	79	713	103	306	515	771	922	841	2617	895
Автоматичне виявлення цілі "Automatic target"	11	13	17	21	25	19	87	7	14	15	36	49	27	121	700

	Кількість публікацій, од.						Усього, од.	Кількість цитувань, од.						Усього, од.	Темп росту цитувань, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2016	2017	2018	2019	2020	2021		2020/2016
detection"															
Розпізнавання цілей "Target recognition"	31	25	30	33	41	12	160	40	68	98	232	291	235	729	728
Розвідувально-ударний "Reconnaissance-strike"	29	21	21	17	30	11	118	21	28	41	85	84	47	259	400
Спостереження та розвідка на полі бою "Battlefield surveillance and reconnaissance"	43	30	33	39	38	18	183	54	96	130	215	281	167	776	520
Кібербезпека "Cybersecurity"	5	3	6	14	5	6	33	10	17	25	30	75	36	157	750
Кібервійна "Cyberwarfare"	2	2	2	2	5	5	13	1	1	1	3	5	1	11	500
Інтерфейс робота "Robot interface"	2	4	3	2	2	2	13	3	3	8	10	15	15	39	500
Доповнена реальність (AR) "Augmented Reality (AR)"	1	4	3	3	4	1	15	2	2	9	10	15	10	38	750
Навігація "Navigation"	39	38	39	40	28	18	184	25	64	102	177	238	149	606	952
Штучний інтелект (AI) "Artificial intelligence (AI)"	4	7	14	30	28	19	83	10	12	26	44	74	71	166	740
Квантові технології "Quantum technologies"	2	2	3	3	4	4	14	2	3	4	9	19	6	37	950
Інтернет дронів (IoD) "Internet of Drones (IoD)"	2	2	3	5	5	5	17	2	2	2	10	17	48	33	850
Лазерна технологія "Laser technology"	16	13	13	10	17	19	69	20	29	108	149	172	129	478	860
Інфрачервона система відеоспостереження "Infrared video surveillance system"	3	1	2	2	2	1	10	5	5	8	23	14	5	55	280
Зв'язок 5 G "Communication 5 G"	13	19	32	24	21	17	109	50	71	119	252	362	301	854	724
Система накопичення енергії (ESS) "Energy storage system (ESS)"	2	1	3	1	9	3	16	8	9	13	12	29	35	71	363
"Солдат майбутнього" "Future Soldier"	21	221	26	30	20	10	318	17	25	47	119	126	107	334	741

## ДОДАТОК Б

**Ключові словосполучення за кількістю публікацій і цитувань у базі даних Web of Science та динаміка їх темпів росту у світі за тематикою “Військово-морські сили” за 2016-2021 рр.**

Ключові словосполучення	Показник	Усього, за 2016- 2021, од.	Темп росту, %		
			2018/ 2016	2020/ 2018	2020/ 2016
Безпілотний занурюваний поверхневий транспортний засіб (Unmanned Submersible Surface Vehicle)	Кількість публікацій	6	100,0	300,0	300,0
	Кількість цитувань	39	100,0	3600,0	3600,0
Інтернет підводних речей (Internet of Underwater Things)	Кількість публікацій	113	400,0	562,5	2250,0
	Кількість цитувань	161	100,0	3500,0	3500,0
Згорткові нейронні мережі (Convolutional neural network)	Кількість публікацій	43673	486,7	184,1	896,1
	Кількість цитувань	35964	968,1	329,3	3188,0
Розумний корабель (Smart ship)	Кількість публікацій	46	350,0	128,6	450,0
	Кількість цитувань	67	100,0	3000,0	3000,0
Навігаційна безпека (Navigational safety)	Кількість публікацій	145	119,0	156,0	185,7
	Кількість цитувань	71	100,0	925,0	925,0
Підводна бездротова сенсорна мережа (Underwater wireless sensor network)	Кількість публікацій	312	113,7	105,2	119,6
	Кількість цитувань	196	266,7	316,7	844,4
Безпілотні надводні судна (Unmanned Surface Vessels)	Кількість публікацій	1207	142,9	125,2	178,9
	Кількість цитувань	662	267,6	257,1	688,2
Надводний апарат (Surface vehicle)	Кількість публікацій	1076	148,3	113,2	167,8
	Кількість цитувань	705	221,6	302,4	670,3
Підводна навігація (Underwater navigation)	Кількість публікацій	264	156,3	118,0	184,4
	Кількість цитувань	81	100,0	560,0	560,0
Система автоматичної ідентифікації (Automatic identification system )	Кількість публікацій	1004	185,2	114,0	211,1
	Кількість цитувань	531	374,2	134,5	503,2
Однопроменевий гідролокатор (Single-beam sonar)	Кількість публікацій	63	150,0	116,7	175,0
	Кількість цитувань	17	300,0	166,7	500,0
Підводні маніпуляції	Кількість публікацій	68	128,6	233,3	300,0

Ключові словосполучення	Показник	Усього, за 2016- 2021, од.	Темп росту, %		
			2018/ 2016	2020/ 2018	2020/ 2016
(Underwater manipulation)	Кількість цитувань	43	500,0	100,0	500,0
Підводний оптичний бездротовий зв'язок (Underwater Optical Wireless Communication)	Кількість публікацій	121	266,7	212,5	566,7
	Кількість цитувань	96	120,0	400,0	480,0
Військово-морські кораблі (Naval ships)	Кількість публікацій	137	150,0	137,5	206,3
	Кількість цитувань	35	200,0	200,0	400,0
Навігаційні засоби (Navigational aids)	Кількість публікацій	83	150,0	111,1	166,7
	Кількість цитувань	13	300,0	133,3	400,0
Надводні човни (Surface vessels)	Кількість публікацій	490	101,3	128,2	129,9
	Кількість цитувань	384	136,4	257,8	351,5
Безпілотний підводний апарат (Unmanned Underwater Vehicle)	Кількість публікацій	404	114,7	110,3	126,5
	Кількість цитувань	125	200,0	175,0	350,0
Підводна акустична мережа (Underwater acoustic network)	Кількість публікацій	100	142,9	105,0	150,0
	Кількість цитувань	35	125,0	280,0	350,0
Системи навігаційного обладнання (Navigation equipment systems)	Кількість публікацій	1070	105,0	120,2	126,3
	Кількість цитувань	335	150,0	228,2	342,3
Підводні апарати (Underwater vehicles)	Кількість публікацій	3249	114,3	108,0	123,5
	Кількість цитувань	1836	245,5	139,3	342,0
Автономні підводні апарати (Autonomous Underwater Vehicles)	Кількість публікацій	4121	104,8	118,3	124,0
	Кількість цитувань	2386	211,6	156,3	330,7
Військове суднобудування (Military shipbuilding)	Кількість публікацій	11	100,0	100,0	100,0
	Кількість цитувань	8	100,0	300,0	300,0
Система змінної плавучості (Variable Buoyancy System)	Кількість публікацій	25	120,0	100,0	120,0
	Кількість цитувань	9	100,0	300,0	300,0
Морська авіація (Naval aviation)	Кількість публікацій	38	200,0	162,5	325,0
	Кількість цитувань	9	300,0	100,0	300,0
Авіаносці (Aircraft carriers)	Кількість публікацій	70	130,0	115,4	150,0
	Кількість цитувань	16	300,0	100,0	300,0
Військовий корабель (Warships)	Кількість публікацій	497	115,4	106,7	123,1
	Кількість цитувань	100	214,3	140,0	300,0

Ключові словосполучення	Показник	Усього, за 2016- 2021, од.	Темп росту, %		
			2018/ 2016	2020/ 2018	2020/ 2016
Радар з синтезованою апертурою (Synthetic aperture radar)	Кількість публікацій	14185	111,1	100,4	111,6
	Кількість цитувань	8057	188,6	127,6	240,7
Безпілотні підводні транспортні засоби (Unmanned underwater vehicles)	Кількість публікацій	322	146,5	106,3	155,8
	Кількість цитувань	166	207,7	111,1	230,8
Гідролокатор зображення (Imaging sonar)	Кількість публікацій	187	129,6	102,9	133,3
	Кількість цитувань	38	100,0	220,0	220,0
Підводні планери (Underwater Gliders)	Кількість публікацій	265	107,1	117,8	126,2
	Кількість цитувань	143	176,9	121,7	215,4
Десантні кораблі (landing craft)	Кількість публікацій	13	100,0	150,0	150,0
	Кількість цитувань	6	200,0	100,0	200,0
Гідролокатор дальнього огляду (Forward-looking sonar)	Кількість публікацій	131	119,0	100,0	119,0
	Кількість цитувань	23	100,0	200,0	200,0
Управління маніпулятором (Manipulator control)	Кількість публікацій	241	100,0	123,1	123,1
	Кількість цитувань	87	200,0	100,0	200,0
Військово-морські бази (Naval bases)	Кількість публікацій	13	200,0	100,0	200,0
	Кількість цитувань	4	100,0	200,0	200,0
Морська робототехніка (Marine robotics)	Кількість публікацій	283	175,8	103,4	181,8
	Кількість цитувань	152	112,0	142,9	160,0
Крейсер (Cruisers)	Кількість публікацій	216	105,6	121,1	127,8
	Кількість цитувань	77	100,0	155,6	155,6
Флотилія (Flotilla)	Кількість публікацій	70	140,0	114,3	160,0
	Кількість цитувань	11	100,0	133,3	133,3
Радіонавігація (Radio navigation)	Кількість публікацій	272	102,3	104,4	106,8
	Кількість цитувань	62	123,1	106,3	130,8
Морська оборона (Naval defense)	Кількість публікацій	7	200,0	150,0	300,0
	Кількість цитувань	3	100,0	100,0	100,0
Підводний акустичний модем (Underwater acoustic modem)	Кількість публікацій	31	125,0	200,0	250,0
	Кількість цитувань	4	100,0	100,0	100,0
Автономні сенсорні мережі	Кількість публікацій	16	100,0	100,0	100,0



Ключові словосполучення	Показник	Усього, за 2016- 2021, од.	Темп росту, %		
			2018/ 2016	2020/ 2018	2020/ 2016
(Autonomous Sensor Networks)	Кількість цитувань	12	100,0	100,0	100,0
Військово-морські боєприпаси (Naval ordnance)	Кількість публікацій	15	150,0	100,0	150,0
	Кількість цитувань	12	100,0	100,0	100,0
Морська артилерія (Naval artillery)	Кількість публікацій	7	100,0	100,0	100,0
	Кількість цитувань	9	100,0	100,0	100,0
Атомний підводний човен (Nuclear submarine)	Кількість публікацій	32	100,0	120,0	120,0
	Кількість цитувань	11	100,0	100,0	100,0
Навігація по місцевості (Terrain based navigation)	Кількість публікацій	14	100,0	100,0	100,0
	Кількість цитувань	5	100,0	100,0	100,0
Палубний літак (Carrier-based aircraft)	Кількість публікацій	76	127,3	107,1	136,4
	Кількість цитувань	7	100,0	100,0	100,0
Військово-морський флот (Navy fleet)	Кількість публікацій	13	100,0	100,0	100,0
	Кількість цитувань	3	100,0	100,0	100,0

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

---

1 TRENDS IN WORLD MILITARY EXPENDITURE, 2020 (Diego Lopes Da Silva, Nan Tian, Alexandra Marksteiner) – STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.sipri.org/sites/default/files/2021-04/fs\\_2104\\_milex\\_0.pdf](https://www.sipri.org/sites/default/files/2021-04/fs_2104_milex_0.pdf)

2 Мировые военные расходы вырастут почти до 2 триллионов долларов в 2020 году. – СТОКГОЛЬМСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МИРА. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sipri.org/media/press-release/2021/world-military-spending-rises-almost-2-trillion-2020>

3 Доклад SIPRI: Россия входит в пятерку стран с крупнейшими военными расходами. – Deutsche Welle 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dw.com/ru/doklad-sipri-voennye-rashody-rf-vyrosli-nesmotrja-na-pandemiju/a-57278895>

4 Top 100 for 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://people.defensenews.com/top-100/>

5 "Укроборонпром" увійшов до Топ-100 найбільших виробників зброї у світі (інфографіка). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://focus.ua/uk/voennye-novosti/487863-ukroboronprom-voshel-v-top-100-krupneyshih-proizvoditeley-oruzhiya-v-mire-infografika>

6. 2020 Annual Report //Lockheed Martin Corporation, 2021. – 132 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Lockheed Martin Annual Report 2020 \(lockheedmartin.com\)](https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/products/2020-annual-report/2020-annual-report.pdf)

7. 2020 Annual Report //Raytheon Technologies, 2021. – 150 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [225310fa-b108-4298-aa1c-177fd526041e \(rtx.com\)](https://www.rtx.com/~/media/2020-annual-report/2020-annual-report.pdf)

8 AMERICA'S ERODING TECHNOLOGICAL ADVANTAGE: NDS RDT&E PRIORITIES IN AN ERA OF GREAT-POWER COMPETITION WITH CHINA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Govini NDS-Priorities-RDTE.pdf](https://www.niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/globalni-trendi-rozvitku-nauki-i-tehnologiy-novi-vikliki-i)

9 Войтовський К. Є., "Глобальні тренди розвитку науки і технологій: нові виклики і можливості" Національний інститут стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/globalni-trendi-rozvitku-nauki-i-tehnologiy-novi-vikliki-i>

10 Цяпа С.М., Огляд зарубіжних законодавчих ініціатив стратегічного використання технологій штучного інтелекту в сучасних умовах / С.М. Цяпа. – ДНУ ІБП НАПрН України "Інформація і право" 2(37) 2021. (с. 51-59). DOI: [https://doi.org/10.37750/2616-6798.2021.2\(37\).238336](https://doi.org/10.37750/2616-6798.2021.2(37).238336)

11 Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>

12 10 трендів майбутнього, які армія України поки що ігнорує. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://defence-ua.com/minds\\_and\\_ideas/10\\_trendiv\\_majbutnogo-2067.html](https://defence-ua.com/minds_and_ideas/10_trendiv_majbutnogo-2067.html)

13 Розвиток технологій – шлях до перемоги у війні майбутнього. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opk.com.ua>

14 Космічна розвідка – як це працює. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://defence-ua.com/army\\_and\\_war/kosmichna\\_rozvidka\\_jak\\_tse\\_pratsjuje-2519.html](https://defence-ua.com/army_and_war/kosmichna_rozvidka_jak_tse_pratsjuje-2519.html)

15 Квантовые технологии в сфере обороны и безопасности. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nato.int/docu/review/ru/articles/2021/06/03/kvantovye-tehnologii-v-sfere-oborony-i-bezopasnosti/index.html>

16 FORREST E. MORGAN AND RAPHAEL S. COHEN Military Trends and the Future of Warfare. - RAND Corporation, Santa Monica, Calif., 2020. – 102 p.

17 Graham Grose Key Military Technology Trends: 2020 and Beyond. - [Key Military Technology Trends: 2020 and Beyond | Defense.info](https://www.defenseinfo.org/2020/06/03/key-military-technology-trends-2020-and-beyond/)

18 Burnett, M. et al. Advanced Materials and Manufacturing – Implications for Defence to 2040. Tech. Rep. DST-Group-GD-1022, Defence Science and Technology Group (2018). URL: <https://www.dst.defence.gov.au/publication/advanced-materials-and-manufacturing-%E2%80%93-implications-defence-2040>.

19 The 7 categories of Additive Manufacturing, Additive Manufacturing Research Group, Loughborough University (2018). URL: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing>

20 Akhtar, M. et al. Recent advances in synthesis, properties, and applications of phosphorene. NPJ 2D Materials and Applications 1, 1–13 (2017). URL: <https://www.nature.com/articles/s41699-017-0007-5>.

21 Park, H. J. et al. One-dimensional hexagonal boron nitride conducting channel | Science Advances. Science Advances 6 (2020). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://advances.sciencemag.org/content/6/10/eaay4958>

22 van Bremen, R. PhD Defence Rik van Bremen. NANOSCALE PROPERTIES OF 2D MATERIALS. Science and Technology Faculty (TNW) (2020). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.utwente.nl/en/tnw/events/2020/1/142446/phd-defence-rik-van-bremen-nanoscale-properties-of-2d-materials>

---

23 Mutalik, P. When Magic Is Seen in Twisted Graphene, That's a Moiré (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.quantamagazine.org/when-magic-is-seen-in-twisted-graphene-thats-a-moire-20190620/>. Library Catalog: [www.quantamagazine.org](http://www.quantamagazine.org) ..

24 Wogan, T. Squeezed graphene becomes a superconductor (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://physicsworld.com/a/squeezed-graphene-becomes-a-superconductor/>.

25 Illinois, U. O. Crumpled graphene makes ultra-sensitive cancer DNA detector (2020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phys.org/news/2020-03-crumpled-graphene-ultra-sensitive-cancer-dna.html>

26 Zirath, H. et al. Graphene Roadmap. Tech. Rep., Swedish Electronics (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://siografen.se/app/uploads/2019/06/SIO-Grafen-Roadmap-Swedish-Electronics\\_v1.3.pdf](https://siografen.se/app/uploads/2019/06/SIO-Grafen-Roadmap-Swedish-Electronics_v1.3.pdf).

27 Bonaccorso, F., Sun, Z., Hasan, T. & Ferrari, A. C. Graphene photonics and optoelectronics. Nature Photonics 4, 611–622 (2010). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/nphoton.2010.186>.

28 Lv, J., Zhang, T., Zhang, P., Zhao, Y. & Li, S. Review Application of Nanostructured Black Silicon. Nanoscale Research Letters 13, 110 (2018). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/s11671-018-2523-4>.

29 Shen, Z.-X. Topological Insulators | Shen Laboratory (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arpes.stanford.edu/research/quantum-materials/topological-insulators>.

30 Übel, M. v. The 3D Printing Materials Guide | All3DP (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://all3dp.com/1/3d-printing-materials-guide-3d-printer-material/>.

31 Smithers. Reasons Why 3D Printing is Reaching Mainstream (2017). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.smithers.com/resources/2017/jul/reasons-why-3d-printing-is-reaching-the-mainstream>

32 Paschkewitz, J. S. Materials with Controlled Microstructural Architecture (МСМА) (2018). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.darpa.mil/program/materials-with-controlled-microstructural-architecture>

33 Lee, S. Suzanne Lee: Why "biofabrication" is the next industrial revolution. TED Talk (2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ted.com/talks/suzanne\\_lee\\_why\\_biofabrication\\_is\\_the\\_next\\_industrial\\_revolution/transcript?language=en](https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution/transcript?language=en).

---

34 Кваша Т.К. Світові наукові та технологічні тренди у сфері забезпечення національної безпеки: наукова доповідь / Т.К. Кваша. - Київ: УкрІНТЕІ, 2019. – 99 с. - ISBN 978-966-479-109-7. DOI: <http://doi.org/10.35668/978-966-479-109-7>

35 Андрощук Г.О. Патентний ландшафт як інструмент прогнозування світових технологічних трендів: транспортна система, ракетно-космічна галузь, авіа- і суднобудування / Г.О. Андрощук, Т.К. Кваша, О.В. Коваленко // Наука, технології, інновації, 2020. - № 3 (15). – С. – 10-24/ - <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2020-3-02> -

36 Писаренко Т.В. Глобальні технологічні тренди у сфері озброєння та військової техніки [Електронний ресурс] / Т. Писаренко, Т. Кваша. – К.: УкрІНТЕІ, 2020. – 88 с. DOI: 10.35668/978-966-479-117-2

37 Військово-Морські Сили Збройних Сил України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mil.gov.ua/ministry/sklad-zbrojnih-sil-ukraini/vijskovo-morski-sili/>.

---

*Наукове видання*

Писаренко Тетяна Василівна  
Кваша Тетяна Костянтинівна  
Гаврис Тетяна Володимирівна  
Паладченко Олена Федорівна  
Молчанова Ірина Василівна  
Шабранська Наталія Ігорівна  
Осадча Анастасія Борисівна  
Кочеткова Олена Петрівна

**АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ  
У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ: МОНОГРАФІЯ**

Матеріали друкуються в авторській редакції

Формат: PDF

Об'єм даних 2,6 Мб.

Інтернет-адреса видання: <http://www.uintei.kiev.ua/sites/default/files/An-viysko.pdf>

Верстка та оригінал-макет: Т. Гаврис, Т. Кваша

Редакція: ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ)

03150, м. Київ, вул. Антоновича, 180

Тел. (044) 521-00-10, e-mail: [uintei@uintei.kiev.ua](mailto:uintei@uintei.kiev.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5332 від 12.04.2017 р.