

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ І НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**

**СТРАТЕГІЯ
РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

МОНОГРАФІЯ

За загальною редакцією А. І. Шевченка

Київ 2023

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні: монографія /

А.І.Шевченко, С.В.Барановський, О.В.Білокобильський, Є.В.Бодянський, А.Я.Бомба, А.С.Довбиш, Т.В.Єрошенко, А.С.Жохін, В.В.Казимир, М.С.Клименко, С.В.Ковалевський, О.В.Козлов, Ю.П.Кондратенко, А.І.Купін, Д.В.Ланде, Л.М.Малярець, О.П.Мінцер, Н.Д.Панкратова, В.Г.Писаренко, С.К.Рамазанов, А.А.Роскладка, А.О.Саченко, А.М.Сергієнко, Є.В.Сіденко, С.В.Сімченко, В.І.Слюсар, О.І.Стасюк, О.Є.Стрижак, О.С.Стрюк, С.О.Субботін, Р.К.Тащів, В.М.Терещенко, Р.Х.Халіков, В.Б.Чебанов. О.Р.Чертов, С.В.Чопоров, В.П.Щокін, В.І.Фетісов, В.С.Яковина.

[За заг. ред. А.І.Шевченка]. Київ: ІПШІ, 2023. 305 с.

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України (протокол № 11 від 21 листопада 2022 р.).

Рецензенти:

Мартін Себеріо, професор кафедри комп'ютерних наук, біоінформатики та обчислювальної науки Техаського університету в Ель-Пасо (UTEP), Ель-Пасо, Техас, США, науковий співробітник AT&T з інформаційних технологій.

Владік Крейнович, професор комп'ютерних наук Техаського університету в Ель-Пасо (UTEP), Ель-Пасо, Техас, США. Віце-президент Міжнародної асоціації з нечітких систем (IFSA), віце-президент Європейського товариства з нечіткої логіки та технологій (EUSFLAT), науковий співробітник AT&T з інформаційних технологій.

16 рецензій розміщено у розділі III монографії.

ISBN: 978-617-7894-89-5

https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023

У монографії розглянуто передумови та наукові засади створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, а також засоби та шляхи її ефективної імплементації.

Для фахівців, аспірантів і студентів за напрямками штучного інтелекту, інформаційних технологій, філософії, державного будівництва, економіки.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

INSTITUTE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE PROBLEMS
OF THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
AND THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

**STRATEGY FOR ARTIFICIAL
INTELLIGENCE DEVELOPMENT
IN UKRAINE**

MONOGRAPH

Under the General Editorship of Anatolii I. Shevchenko

Kyiv 2023

UDC 004.8

S - 83

Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine: monograph /

A. Shevchenko, S. Baranovsky, O. Bilokobylskyi, Ye. Bodyanskiy, A. Bomba, A. Dovbysh, T. Yeroshenko, A. Zhokhin, V. Kazymyr, M. Klymenko, S. Kovalevskyy, O. Kozlov, Yu. Kondratenko, A. Kupin, D. Lande, L. Malyarets, O. Mincer, N. Pankratova, V. Pysarenko, S. Ramazanov, A. Roskladka, A. Sachenko, A. Serghijenko, Ie. Sidenko, S. Simchenko, V. Slyusar, O. Stasiuk, O. Stryzhak, O. Striuk, S. Subbotin, R. Tashchiiiev, V. Tereshchenko, R. Khalikov, V. Chebanov, O. Chertov, S. Choporov, V. Shchokin, V. Fetisov, V. Jakovyna. [Under the general editorship of A. Shevchenko]. Kyiv: IAIP, 2023. 305 p.

Recommended for publication by the Scientific and Technical Council of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (protocol No. 11 from 21 November, 2022).

Reviewers:

Martine Ceberio, Professor of Computer Science, Bioinformatics and Computational Science, University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA, AT&T Fellow in Information Technology.

Vladik Kreinovich, Professor of Computer Science, University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA, Vice President of International Fuzzy Systems Association (IFSA) and Vice President of European Society of Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT), AT&T Fellow in Information Technology.

16 reviews are placed in Section III of the monograph.

ISBN: 978-617-7894-89-5

https://doi.org/10.15407/development_strategy_2023

The monograph examines the prerequisites and scientific foundations for creation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine as well as means and ways of its effective implementation.

For specialists, postgraduate, and graduate students in the field of artificial intelligence, information technologies, philosophy, state formation, and economics.

З М І С Т / CONTENT

Звернення видавництва «Наука і освіта»	9
Address by the publishing house "Science and Education"	9
Review of the Monograph «Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine» Prof. Dr. University of Texas at El Paso (USA) V. Kreinovich	10
Рецензія на монографію «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» професора, доктора наук Техаського університету в Ель-Пасо (США) В. Крейновича ...	12
Review of the Monograph «Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine» Prof. Dr. University of Texas at El Paso (USA) M. Ceberio	15
Рецензія на монографію «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» професора Техаського університету в Ель-Пасо (США) М. Себеріо	18
Слово керівника наукового проєкту "Створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні" Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України	21
Address of the Manager of the Scientific Project «Creating the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine" of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine	26
Авторський колектив	31
Team of authors	45
I. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	59
Вступ	59
Розділ 1. Парадигма	60
Розділ 2. Основні поняття і напрями досліджень у сфері штучного інтелекту	61
2.1. Основні терміни та поняття	61
2.2. Основні напрями досліджень штучного інтелекту	63
Розділ 3. Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	64
Розділ 4. Стан розвитку сфери штучного інтелекту в Україні	66
Розділ 5. Світові стандарти у сфері штучного інтелекту	68
Розділ 6. Система управління розвитком штучного інтелекту в Україні	69
Розділ 7. Штучний інтелект у пріоритетних сферах розвитку України	70
7.1. Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України	70
7.2. Штучний інтелект у науковій діяльності та освіті.....	72
7.3. Штучний інтелект у медицині	73

7.4. Штучний інтелект у промисловості та енергетиці	74
7.5. Штучний інтелект у телекомунікаційній галузі	74
7.6. Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі	75
7.7. Штучний інтелект у сільському господарстві	75
7.8. Штучний інтелект в екології.....	75
Розділ 8. Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту.....	76
Розділ 9. Прогноз результатів та оцінка ефективності реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	77
Розділ 10. Прикінцеві положення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	78
I. Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	79
Introduction.....	79
Section 1. Paradigm.....	80
Section 2. Basic AI Concepts and Research Directions.....	80
2.1. Basic Concepts and Definitions	80
2.2. Main Directions of AI Research.....	83
Section 3. Aims and Objectives of the Strategy of Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	84
Section 4. Current State of Artificial Intelligence in Ukraine.....	85
Section 5. Global AI Standards.....	87
Section 6. Regulatory Framework for Artificial Intelligence Development in Ukraine.....	89
Section 7. Artificial Intelligence Application in Priority Areas.....	90
7.1. Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine	90
7.2. Artificial Intelligence in Science and Education.....	91
7.3. Artificial Intelligence in Medicine.....	92
7.4. Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector.....	92
7.5. Artificial Intelligence in Telecom Industry.....	93
7.6. Artificial Intelligence in Transportation and Infrastructure.....	93
7.7. Artificial Intelligence in Agriculture.....	94
7.8. Artificial Intelligence in Ecology.....	94
Section 8. Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem	95
Section 9. Evaluating the Effectiveness of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	95

Section 10. Outline of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	96
II. Додаткові матеріали до Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	97
II. Supplemental materials to the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	97
Білокобильський О. В.	97
Bilokobylskiy O.	100
Бомба А. Я., Барановський С. В.	103
Bomba A., Baranovsky S.	104
Довбиш А. С.	105
Dovbysh A.	108
Єрошенко Т. В.	109
Yeroshenko T.	110
Казимир В. В.	111
Kazymyr V.	115
Клименко М. С.	119
Klymenko M.	120
Ковалевський С. В.	121
Kovalevskyy S.	123
Кондратенко Ю. П., Стрюк О. С., Козлов О. В., Сіденко Є. В.	126
Kondratenko Yu., Striuk O., Kozlov O., Sidenko Ye.	138
Ланде Д. В.	148
Lande D.	150
Мінцер О. П.	151
Mincer O.	163
Рамазанов С. К.	174
Ramazanov S.	180
Роскладка А. А.	186
Roskladka A.	187
Сергієнко А. М.	188
Serghijenko A.	189
Слюсар В. І.	191
Slyusar V.	203
Стрижак О. Є.	213
Stryzhak O.	213
Ташчєв Р. К.	214
Tashchiiev R.	217
Терещенко В. М.	220
Tereshchenko V.	230
Чебанов В. Б.	238
Chebanov V.	240
Шевченко А. І.	242
Shevchenko A.	243
Щокін В. П.	241
Shchokin V.	245

III. Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)	246
III. Expert Opinions on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)	246
Бодянський Є. В.	246
Bodyanskiy Ye.	247
Жохін А. С.	247
Zhokhin A.	248
Зігель М.	249
Siegel M.	253
Казимир В. В.	257
Kazymyr V.	258
Купін А. І.	259
Kupin A.	260
Малярець Л. М.	261
Malyarets L.	261
Панкратова Н. Д.	262
Pankratova N.	263
Рамазанов С. К.	265
Ramazanov S.	271
Саченко А. О.	276
Sachenko A.	277
Слюсар В. І.	278
Slyusar V.	279
Стасюк О. І.	280
Stasiuk O.	282
Субботін С. О.	283
Subbotin S.	284
Терещенко В. М.	285
Tereshchenko V.	286
Чертов О. Р.	287
Chertov O.	288
Чопоров С. В.	288
Chorogov S.	289
Яковина В. С.	290
Yakovyna V.	291
Використані джерела	292
References	298

Звернення видавництва «Наука і освіта»

Вельмишановні колеги!

Колективна монографія «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» сформована й була передана до друку. 8 лютого 2023 року отримано її сигнальний екземпляр. 22-24.02.23 до видавництва надійшли рецензії на її зміст зі Сполучених Штатів Америки.

Для того, щоб не робити зміни у форматі монографії, редакція видавництва «Наука і освіта» прийняла рішення надати рецензії (мовою оригіналу та у перекладі українською мовою) на початку тексту монографії.

Інші 16 рецензій розміщено у розділі III монографії.

Видавництво «Наука і освіта».

Address by the publishing house "Science and Education"

Dear colleagues!

The collective monograph “Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine” was drawn up and submitted for publication. The advance copy was received on 08.02.2023. On 23-25.02.23, the publishing house received reviews of the content of the monograph from the United States of America.

In order not to make changes in the format of the monograph, the editorial board of the publishing house “Science and Education” decided to print reviews (in the original language and translated into Ukrainian) at the beginning of the text of the monograph.

The other 16 reviews are placed in Section III of the monograph.

Publishing House “Science and Education”.



VLADIK KREINOVICH
PROFESSOR
AT&T FELLOW IN INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
UNIVERSITY OF TEXAS AT EL PASO
EL PASO, TX 79968, USA

EMAIL: vladik@utep.edu
OFFICE PHONE: +1 915 747-6951
FAX: +1 915 747-5030
URL: <https://www.cs.utep.edu/vladik>

February 22, 2023

To Whom It May Concern

Dear Colleagues, Dear Friends,

I would like to strongly support the book *Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine*.

The last decades have shown great progress in Artificial Intelligence (AI): AI-based systems beat humans in complex games like chess and Go, navigate autonomous cars, translate between languages, generate readable texts – and do many things that founders of AI hoped to achieve but that were later mostly perceived as too optimistic – they are the reality now!

Historically, Ukraine – especially via its Glushkov Institute – has been one of the most important centers for AI-related research, contributing many innovative cutting-edge ideas and developments. From my personal experience of attending international conferences, in particular, conferences in the Ukraine, and from reading papers published by Ukrainian AI researchers in international journals, I know that Ukraine still has a lot of top-level researchers in this area.

However, as the book mentions, their efforts are divided, which does not lead to high overall productivity. One of the main reasons for this division is economic situation. Many smart students, after being taught by the top professor, leave the country to find a better employment elsewhere. Researchers within the country have to rely on international grant support, which is usually easier to obtain in collaboration with other countries – and this leads to division of efforts. There is a growing AI-related industry in Ukraine – according to the book, Ukraine is third among countries in Eastern Europe in terms of number of related companies – but most researchers are still involved in public institutions: universities and institutes of the Ukrainian Academy of Sciences (analogues of US National Labs).

Of course, when people work together, they can do much more than what they can do if they do not collaborate – this is true everywhere, this is true in science as well. To make this happen and to encourage collaboration, many leading Ukrainian AI researchers teamed together to come up with a joint strategic plan for developing AI research – the plan that forms this book. This book is a truly collective effort. I

was pleased to see many of my colleagues and collaborators among the book's contributors.

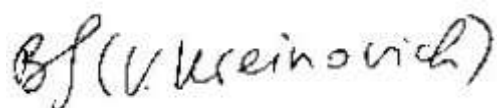
The book has an unusual structure that I liked very much. It starts with the general strategic plan that is approved by all the participants. This plan is followed by specific contributions of individual participants that describe, in some detail, what each of them thinks needs to be done to implement the general strategic vision: some participants focus on medical applications, some on applications to economics, some on military applications, some in education – and it all provided a broad overview and, at the same time, shows that the ambitious general plan is very realistic.

I also liked the fact that the authors decided not to follow the (unfortunately widely spread) tendency to jump on the bandwagon and to use fashionable AI-terms to promote a not-very-AI research – e.g., when something as simple as linear regression is re-packaged as a machine learning tool: strictly speaking, it is, but this simple renaming does not constitute progress. Moreover, the authors explicitly mention that by AI, they do not mean trial-and-error techniques, something that is widely spread in modern AI-related research. What they aim at is not just computationally complex black boxes spitting out mostly good results – what the book aims for is systems with intelligence, systems that not only provide answers but also intelligently explain how they came up with these answers. In other words, what the book promotes is what is usually called Explainable AI.

To make AI understandable is a big challenge, and the book's emphasis on the need to continue to study human intelligence – study that led to many of the current AI innovations and ideas, including neural networks – is very commendable. Another commendable issue is the book's emphasis on the need to seriously study risks and legal aspects of AI, topics which are definitely important but which are, at present, not studied nearly as much as necessary.

I appreciate the authors' enthusiasm and collaborative spirit. I strongly believe that this collaboration will lead to many interesting research results and developments and to many useful new applications – both the ones mentioned in the book and the other ones that will inevitably appear later. In short, I strongly support the publication of this book.

Sincerely yours,

A handwritten signature in black ink that reads "V. Kreinovich". The signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Vladik Kreinovich

Vice President, International Fuzzy Systems Association (IFSA)

Vice President, European Society of Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT)

Доктор Владік Крейнович
Професор,
Лауреат премії AT&T
з інформаційних технологій,
Кафедра комп'ютерних наук,
Техаський університет в Ель-Пасо,
Ель-Пасо, TX 79968, США

Email: vladik@utep.edu
Офісний телефон: +1 915 747-6951
Факс: +1 915 747-5030
URL: <https://www.cs.utep.edu/vladik>



22 лютого 2023 року

Всім зацікавленим особам:

Шановні колеги, шановні друзі,

Я хотів би рішуче підтримати монографію *«Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні»*.

За останні десятиліття штучний інтелект (ШІ) досяг великого прогресу: системи штучного інтелекту перемагають людей у складних іграх, таких як шахи та Go, керують автономними автомобілями, перекладають різними мовами, генерують легкі для прочитання тексти – і роблять багато з того, чого сподівалися досягти засновники ШІ, але що пізніше сприймалося здебільшого як занадто оптимістичні цілі – зараз це є реальністю!

Історично Україна – особливо завдяки Інституту кібернетики ім.

В. М. Глушкова – була одним із найважливіших центрів досліджень, пов'язаних зі штучним інтелектом, вносячи багато інноваційних ідей та розробок. З мого особистого досвіду відвідування міжнародних конференцій, зокрема, конференцій в Україні, і з прочитання статей, опублікованих українськими дослідниками ШІ в міжнародних журналах, я знаю, що в Україні все ще багато дослідників найвищого рівня у цій галузі.

Однак, як згадується у монографії, їх зусилля розділилися, що не призводить до високої загальної продуктивності. Однією з основних причин такого поділу є економічна ситуація. Багато розумних студентів після проходження навчання у найкращих професорів залишають країну щоб знайти кращу роботу в іншому місці. Дослідникам всередині країни доводиться покладатися на міжнародну грантову підтримку, яку зазвичай легше отримати у співпраці з іншими країнами – і це призводить до розподілу зусиль. В Україні розвивається галузь, що пов'язана зі штучним інтелектом – згідно з монографією, Україна посідає

третє місце серед країн Східної Європи за кількістю компаній ШІ – але більшість дослідників все ще задіяні в державних установах: університетах та інститутах Національної академії наук України (аналоги національних лабораторій США).

Звичайно, коли люди працюють разом, вони можуть зробити набагато більше, ніж за відсутності співпраці – так відбувається скрізь, також і в науці. Щоб зробити це можливим і заохотити до співпраці, багато провідних українських дослідників у сфері штучного інтелекту об'єдналися, щоб розробити спільний стратегічний план розвитку досліджень ШІ – план, який формує цю монографію. Ця монографія є продуктом колективних зусиль. Мені було приємно бачити імена багатьох моїх колег та співробітників серед авторів монографії.

Монографія має незвичайну структуру, яка мені дуже сподобалася. Монографія починається із загального стратегічного плану, який затверджується всіма авторами. За цим планом слідує конкретні внески окремих авторів, які досить детально описують, що, на думку кожного з них, необхідно зробити для реалізації загального стратегічного бачення: деякі автори зосереджуються на застосуванні ШІ у медицині, деякі на застосуванні ШІ а економіці, деякі на використанні ШІ у військовій сфері, деякі на використанні ШІ у освіті – і все це створює загальне уявлення про монографію, і при цьому демонструє, що амбітний генплан є дуже реалістичним.

Мені також сподобалося те, що автори вирішили не слідувати (на жаль, широко поширеній) сучасним трендам і не використовувати модні терміни для просування того, що не належить до досліджень ШІ – наприклад, коли щось таке просте, як лінійна регресія, подається як інструмент машинного навчання: іншими словами, це просте перейменування не є показником прогресу. Більше того, автори прямо згадують, що під штучним інтелектом вони не мають на увазі методи проб і помилок, що широко поширене в сучасних дослідженнях, пов'язаних зі штучним інтелектом. Те, на що вони націлені, це не просто складні в обчислюванні чорні скриньки, які генерують переважно хороші результати – те, на що спрямована монографія, це системи з інтелектом, системи, які не тільки надають відповіді, але й розумно пояснюють, як вони придумали ці відповіді. Іншими словами, те, що просуває монографія, – це те, що зазвичай називають Розумним штучним інтелектом.

Завдання зробити ШІ зрозумілим є великим викликом, і акцент, зроблений у монографії на необхідності продовжувати вивчати людський інтелект – дослідження, яке призвело до багатьох сучасних інновацій та ідей ШІ, включаючи нейронні мережі, – є дуже схвальним. Ще одним схвальним аспектом є акцент у книзі на необхідності серйозного вивчення ризиків та правових аспектів ШІ, тем, які, безумовно, важливі, але які наразі майже не вивчаються тією мірою, якою це необхідно.

Я ціную ентузіазм авторів та дух співпраці. Я твердо вірю, що ця співпраця призведе до багатьох цікавих результатів досліджень і розробок, а також до

багатьох корисних і нових застосувань ШІ – як згаданих у монографії, так і інших, які неминуче з'являться пізніше. Одним словом, я всіляко підтримую видання цієї монографії.

З повагою,

(підпис)

Владік Крейнович

Віце-президент Міжнародної асоціації з нечітких систем (IFSA).

Віце-президент Європейського товариства з нечіткої логіки.



Dr. Martine Ceberio
Professor of Computer Science
The University of Texas at El Paso
Chair of UTEP's Graduate Council
AT&T Fellow in Information Technology
UTEP Provost Faculty Fellow for DEI
UTEP Distinguished Teaching Professor
Member of the UT System Academy of Distinguished Teachers

mceberio@utep.edu
<http://martineceberio.fr>

El Paso, February 24, 2023

To Whom It May Concern:

Dear colleagues,

In this letter, I would like to express my support for the book *Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine*, on the foci and priority areas in Artificial Intelligence research in Ukraine for the period of 2023 to 2030. The plan presented in this book brings together a team of Ukrainian scientists all from very recognized institutions to lead the country's efforts in AI research. The strategy for 2023-2030 is very well motivated and its background clearly covered. It is aligned with NATO's strategy for AI development, including the lawful and responsible use of AI, which relates to issues of, e.g., explainability and reliability, essential and pressing needs in AI. Yet, the plan is still very relevant to and aligned with the specific needs of Ukraine, thanks to background work on eliciting, from a large number of institutions – public and private-- in the country, their needs for AI.

The book recalls the status of prominence of Ukraine in AI R&D but emphasizes the need to move beyond. The strategic plan aims to channel the current, more dispersed approach to AI research and to coalesce these efforts into a more synergistic one, so as to ensure continuity of its prominence but also to foster innovation at a rate that would introduce Ukraine as a top-tier AI contributor. The assembled team bases their proposals on the bold concept of artificial consciousness and envisions AI-powered computers.

The plan outlines a thorough list of areas of focus, from education to ecology. It is refreshing and inspiring to see a team of scientists be so thorough and thoughtful about these areas, in the time of hardship their country is undergoing. Specifically, the attention to education is commendable, as well as the focus on national security, which is geared towards defense rather than offense. Specifically, the attention described in the strategic plan is placed on systems for counteraction (detection of and defense from attacks), e.g., recognition systems, robots to combat hostile aircrafts. Attention is also given to medicine, manufacturing and the power sector, transportation and infrastructure, telecom, agriculture, but also, notably, to ecology, which is an urgent global topic, not often mentioned as a priority area. It is refreshing, and once again, commendable for this team of scientists to make ecology one of their priorities. Throughout the treatment of these areas, the plan is very clear about the need for fundamental advances, not just ad-hoc successes, but also about an attention to risks that come with the use of AI technologies.

The software developments in AI outlined in this book are expected to result in breakthroughs also in hardware but ultimately in a changing landscape of the country's industry, from mineral exploration, to transportation, and medicine, among many others.

Closing the innovation loop, the plan even includes elements of assessment of its expected success/performance. Although it is understood that more criteria will be defined ulteriorly, as AI advances come about, the plan already outlines as indicators of success the need and opportunities for upskilling/reskilling workers (under new workplace practices or needs brought by AI advances), but also increased levels of safety that AI has the potential to bring to the workplaces (e.g., freeing workers from being exposed to hazardous conditions).

The book is clearly structured and, although not overly technical, it is very pedagogical, going at length to define what AI is (along with a parallel definition of human intelligence), what it entails, and how it is essential to a large number of areas that the strategic plan focuses on. I like the way it separates the major topics of interest and their clear presentation (in the first part of the book), from the more specific (closer to technical) research directions, elaborated by the members of the team of specialists assembled for this plan. The plan seems very well thought-out and acclaimed by a number of scientists.

Overall, I particularly appreciate the attention given to contributing to fundamental research in AI established upfront in the book, as well as to the

lawful and responsible use of AI, which transpire throughout the book. The book acknowledges, as essential to remaining at the forefront of AI research, the need to depart from ad-hoc contributions and to now rather focus on fundamental research in AI as well as research about its associated challenges and risks, in particular with the development of a legal framework for AI. The attention given to all stages of the innovation cycle (all the way to assessment and reflection) is commensurate to the quality of the document. The synergy and energy of the assembled team of scientists, the clarity of their plan, as well as the thoughtfulness put in their plans and reflections are very encouraging and inspiring. Based on my previous comments, I want to express my strong support for the publication of this book.

Sincerely,

A handwritten signature in blue ink that reads "Martine Ceberio". The signature is written in a cursive, flowing style.

Martine Ceberio, Ph.D.

Доктор Мартін Себеріо,
професор кафедри комп'ютерних наук
Техаського університету в Ель-Пасо (UTEP),
Голова Ради по аспірантурі
Техаського університету в Ель-Пасо,
Лауреат премії AT&T з інформаційних
технологій, Головний радник проректора
з питань різноманітності та інклюзивності,
Заслужений професор UTER,
Дійсний член Академії видатних викладачів
в системі університетів штату Техас (США).
mceberio@utep.edu; <http://martineceberio.fr>



Ель-Пасо, 24 лютого 2023 року

Всім зацікавленим особам:

Шановні колеги,

У цьому листі я хотіла б висловити свою підтримку монографії «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні», присвяченій осередкам та пріоритетним напрямам досліджень штучного інтелекту в Україні на період з 2023 по 2030 роки. План, що представлений у цій монографії, об'єднує команду українських вчених з визнаних установ, щоб очолити зусилля країни в галузі досліджень ШІ. Стратегія на 2023-2030 роки дуже добре вмотивована і має чіткі передумови. Стратегія узгоджується зі стратегією НАТО щодо розвитку ШІ, включаючи законне і відповідальне використання ШІ, що стосується питань, наприклад, пояснень та надійності, основних і нагальних потреб у ШІ. Тим не менш, план все ще дуже актуальний і узгоджений з конкретними потребами України завдяки додатковій роботі великої кількості установ – державних і приватних – з виявлення в країні потреб у штучному інтелекті.

Монографія нагадує про видатне становище України в AI R&D, але наголошує на необхідності вийти за ці межі. Стратегічний план спрямований на перенаправлення поточного, більш розпорошеного підходу до досліджень штучного інтелекту та об'єднання цих зусиль у більш синергетичний, щоб забезпечити подальшу популярність такого підходу, а також сприяти інноваціям зі швидкістю, яка б представила Україну як провідного учасника штучного інтелекту. Зібрана команда науковців базує свої пропозиції на сміливій концепції штучної свідомості та передбачає створення комп'ютерів на основі штучного інтелекту.

План окреслює вичерпний перелік напрямків, від освіти до екології. Це є дуже живодайним і надихаючим бачити, як команда вчених настільки ретельно і вдумливо ставиться до цих сфер життя у часи труднощів, які переживає їхня країна. Зокрема, заслуговує на похвалу увага до освіти, а також зосередженість на національній безпеці, яка спрямована на оборону, а не на наступ. Зокрема, у

стратегічному плані увага приділяється системам протидії (виявлення ворожих цілей та захисту від атак), наприклад, системам розпізнавання, роботам для боротьби з ворожими літаками. Увага також приділяється медицині, виробництву та енергетиці, транспорту та інфраструктурі, телекомунікаціям, сільському господарству, а також, зокрема, екології, яка є актуальною глобальною темою, яку не часто згадують як пріоритетну сферу. Це освіжає, і повторюся ще раз, обрання екології одним з пріоритетних напрямків є похвальним для цієї команди вчених. Протягом усього опису цих сфер план дуже чітко окреслює необхідність фундаментальних досягнень, а не тільки розробок, що спрямовані на розв'язання конкретної проблеми, а також необхідність приділити увагу ризикам, які виникають при використанні технологій штучного інтелекту.

Очікується, що розробки програмного забезпечення в галузі штучного інтелекту, що описані в цій монографії, призведуть до проривів також і в апаратному забезпеченні, але в кінцевому підсумку в змінному розвитку промисловості країни, від розвідки корисних копалин до транспорту та медицини, серед багатьох інших.

Замикаючи інноваційний цикл, план навіть включає елементи оцінки його очікуваного успіху/результативності. Хоча зрозуміло, що більше критеріїв буде визначатися приховано, з розвитком штучного інтелекту план вже окреслює як індикатори успіху потребу та можливості підвищення кваліфікації/перекваліфікації працівників (відповідно до нових практик на робочому місці або потреб, викликаних досягненнями ШІ), а також підвищення рівня безпеки, який ШІ може привнести на робочі місця (наприклад, усунення впливу шкідливих умов праці на робітників).

Монографія є чітко структурованою і, хоча і не є надто технічною, вона висвітлює багато теоретичних питань з метою визначення, що таке ШІ (поряд з паралельним визначенням людського інтелекту), що він тягне за собою і чому він важливий для великої кількості сфер, на яких зосереджується стратегічний план. Мені подобається, що у плані відокремлюються основні теми, що цікавлять вчених, і їх чіткий виклад (у першій частині монографії), від більш конкретних (ближче до технічних) напрямків досліджень, розроблених членами команди фахівців, зібраних для цього плану. План є дуже добре продуманим і визнаним рядом вчених.

Загалом, я особливо ціную увагу, приділену внеску в фундаментальні дослідження в галузі штучного інтелекту, що описані у монографії, а також надання переваги законному та відповідальному використанню ШІ, що спостерігається протягом усієї монографії. У книзі визнається, що важливою метою є залишитися в авангарді досліджень ШІ, необхідність відійти від розв'язання конкретних проблем і зосередитися на фундаментальних дослідженнях в галузі ШІ, а також на дослідженнях пов'язаних викликів і ризиків, зокрема з розробкою правової бази для ШІ. Увага, що приділяється всім етапам інноваційного циклу (аж до оцінки і рефлексії), сумірна з якістю

документа. Синергія і енергія зібраного колективу вчених, ясність їх плану, а також старанність, вкладена в їх плани і роздуми, дуже підбадьорюють і надихають. З огляду на мої попередні коментарі, хочу висловити свою рішучу підтримку публікації цієї монографії.

З повагою,

(підпис)

Доктор Мартін Себеріо

**Слово керівника наукового проєкту
«Створення стратегії розвитку штучного інтелекту
в Україні» Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства
освіти і науки України і Національної академії наук України
професора Анатолія Шевченка**



Ця монографія підсумовує роботу колективу українських вчених над науковим проєктом «Створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні».

Розвиток технологій штучного інтелекту є важливим трендом сучасності. Провідні світові компанії і держави приділяють велику увагу цьому питанню. Уже понад 50 держав створили й прийняли до виконання не тільки концепції, але вже й стратегії розвитку штучного інтелекту, в яких окреслили загальні напрями наукових досліджень і бізнесу в цій сфері. Україна також не повинна залишатися осторонь цих процесів навіть попри недостатнє фінансування наукових досліджень.

Відомо, що наукові дослідження завжди потребують визначення напряму й об'єкта досліджень, зокрема це стосується й напряму досліджень і означень у сфері штучного інтелекту. Вони повинні переважно ґрунтуватися на результатах фундаментальних досліджень, а не на удосконаленні відомих інформаційних технологій, на основі яких отримання проривних технологій є малоімовірним. Науковці не завжди коректно використовують саме означення об'єкта досліджень «штучний інтелект». Спочатку потрібно чітко сформулювати поняття «інтелект», а потім створювати штучну йому подобу. Переважна більшість таких дослідників означає штучний інтелект як «чорну скриньку» з такими характеристиками: нейроподібна, або класична структура, що має спроможність до навчання й самонавчання, здатність розпізнавати й синтезувати мову та зображення, наявність штучних органів чуття тощо. Як відомо, за характеристиками «чорної скриньки» не завжди можливо визначити, що міститься в цій скриньці. У такому разі подальші дослідження проводяться так званим «методом спроб і помилок». Обраний напрям наукових досліджень не завжди дозволяє отримання нових знань, зокрема так званого розумного або свідомого штучного інтелекту як подоби людського. Такі дослідження коректно здійснювати не щодо поняття «штучного інтелекту», а щодо понять «обчислювального інтелекту» або «електронного інтелекту».

У Стратегії сформульовано такі ключові положення:

1. *Визначено основні підходи до створення подоби інтелекту людини під назвою «штучний інтелект», який не зводиться до створення обчислювального або електронного інтелекту, що відбувається на базі вдосконалення відомих інформаційних технологій.*

2. *Вперше запропоновано й науково обґрунтовано напрям проведення фундаментальних досліджень й визначено об'єкт досліджень у сфері «штучний інтелект».*

3. *На основі єднання вчених України у сфері штучного інтелекту створено колектив фахівців.*

4. *Обґрунтовано напрям наукових досліджень для створення проривних технологій у сфері штучного інтелекту.*

На першій Міжнародній конференції «Штучний інтелект – 2000» науковцями Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України було зроблено наукову доповідь **«Про підходи до проблеми моделювання штучного інтелекту як функції штучної свідомості»** та представлено зразки реалізації цих підходів. На базі НДІ проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України у 1997 році Постановою Кабінету Міністрів України було створено заклад вищої освіти – Донецький державний інститут штучного інтелекту. Через 10 років активної діяльності, враховуючи значні наукові досягнення та кваліфіковану підготовку кадрів у сфері штучного інтелекту, у 2007 році на базі Інституту було створено Державний університет інформатики і штучного інтелекту (ДУІШ), що здійснив набір першої в Україні групи студентів на бюджетній основі, а загалом в університеті, що отримав IV рівень акредитації, навчалось новим технологіям одночасно понад 2000 студентів. З ініціативи ДУІШ ВАК України затвердив нову спеціальність для захисту кандидатських і докторських дисертацій: 05.13.23 «Системи та засоби штучного інтелекту». В ДУІШ було відкрито першу в Україні спеціалізовану вчену раду і відбувся перший захист кандидатської дисертації за цією спеціальністю. У закладах вищої освіти України почали створюватися кафедри за напрямом «Штучний інтелект» підготовки фахівців і відповідні спецради із захисту дисертацій.

Таким чином, було заявлено та визначено об'єкт наукових досліджень для створення штучного інтелекту – штучну свідомість машини. Новий напрям у створенні штучного інтелекту дозволив отримати позитивні результати: було створено та запатентовано функціональну схему обчислювальної машини зі штучним інтелектом, а також науково обґрунтовано можливість створення штучної свідомості. Людина, яка втратила свідомість, втрачає й інтелект. Іншими словами, інтелект людини – це результат роботи її свідомості. У США та Німеччині мільйонним накладом продано навчальні програми, при створенні яких використано елементи штучного інтелекту.

Фахове обговорення сучасного стану проблематики штучного інтелекту відбулося також під час проведення щорічних міжнародних науково-практичних конференцій «Штучний інтелект та інформаційні системи», зокрема XX-ої конференції (27 листопада 2020 року), у якій брала участь переважна більшість учених-інформатиків України (95 науковців), серед яких

52 доктори наук, що є спеціалістами зі штучного інтелекту. Як прототип штучного інтелекту було вирішено використати інтелект людини. За підтримки Ради національної безпеки і оборони України (лист від 29.01.21 № 271/16-07/2-21) Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України надіслав листи-запити до понад 300 різних організацій, зокрема до більшості міністерств України, наукових установ, державних і приватних закладів вищої освіти, комерційних організацій з метою визначення необхідності впровадження та використання технологій штучного інтелекту у їхній діяльності. У період з січня 2021 року по липень 2022 року було проведено 10 спеціалізованих конференцій, низку наукових семінарів та засідань робочої групи за темою «Створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні». Підсумки цих наукових дискусій знайшли своє застосування у Стратегії, що адаптована саме для України, зокрема враховано наявність наукових структур у сфері штучного інтелекту та високий загальний освітній рівень громадян. Також подано додаткові матеріали авторів, які деталізують розгляд окремих положень Стратегії.

На основі отриманих українськими науковцями результатів сформульовано вітчизняні означення терміна «інтелект людини» та похідного від нього терміна «штучний інтелект»:

- **інтелект людини – функція свідомості людини, яка представлена системою алгоритмів, забезпечує самонавчання відповідно до наявної інформації, набутих знань, правил, законів суспільства та свого власного досвіду, розв’язання на цій основі завдань, що постають перед нею, а також має здатність проводити самодіагностику й обґрунтовувати прийняті нею рішення;**
- **штучний інтелект – функція штучної свідомості, яка представлена створеною та контрольованою нею системою алгоритмів, забезпечує самонавчання згідно з наявною інформацією, набутими знаннями, правилами, законами суспільства та своїм досвідом, створення на цій основі нових знань для виконання доручень людини, а також здатність проводити самодіагностику й обґрунтовувати прийняті нею рішення.**

Надалі під визначенням «штучний інтелект» будемо вважати, що він свідомий, розумний та дотримується етично-моральних і правових норм. Отже, вивчення штучного інтелекту пов’язуємо з дослідженням природного явища – інтелекту людини. Як відомо, він свідомий та розумний. Подібним чином людство винайшло чимало корисних матеріалів і технологій: біомедичний пластик, який імітує морський огірок, пакувальні матеріали на основі грибів, модульні структури, які імітують живі клітини, цемент на основі коралових рифів тощо. Під час підготовки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні було ретельно вивчено подібні документи інших держав, а також Стратегію НАТО, рекомендації Ради Європи від 22 травня 2019 року та

висновки Генеральної конференції ЮНЕСКО 21 листопада 2021 року щодо штучного інтелекту. Весь цей досвід було адаптовано до умов України і використано в тексті Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. Аналіз наявних наукових досліджень, що проводяться в Україні у сфері інформатики і штучного інтелекту, дозволив зробити висновок: для виконання завдань Стратегії додаткового фінансування не потрібно. Натомість наявне фінансування, що виділяється державою на розвиток сфери інформатики та штучного інтелекту, потрібно спрямувати на створення і впровадження конкурентоздатних систем зі штучним інтелектом.

Спрямувати діяльність допоможе визначення та обґрунтований вибір об'єкта дослідження (наприклад, це може бути обчислювальна машина зі штучним інтелектом, функціональна модель обчислювальної машини зі штучним інтелектом, представлена на рис. 4, стор. 244), що дає можливість поновити напрям фундаментальних та прикладних досліджень для вироблення проривних технологій.

Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні створено з урахуванням положень Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. №1556-р. Варто зауважити, що стратегії передбачають більш глибоке осмислення об'єкта розробки, ніж концепції, і завжди зорієнтовані на досягнення конкретної мети фундаментальних й прикладних досліджень і бізнесу. Порівняно з концепціями, стратегії є наступним етапом виконання планів щодо реалізації наявних напрацювань для визначення проривних технологій, наукового потенціалу й джерел фінансування.

З урахуванням складності проблеми щодо створення обчислювальної машини нового покоління зі штучним інтелектом, Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні **передбачає об'єднання зусиль більшості науковців, які займаються цими питаннями**, чого не було і не могло бути передбачено у Концепції. Заявлені в Стратегії напрями розвитку штучного інтелекту в Україні співвідносяться зі світовими сучасними напрямками розвитку науки та технологій. **Показано, що проривні технології в Україні можна створити на основі власних досягнень фундаментальної науки.**

Я переконаний, що практична реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні допоможе нашій державі утримати гідні позиції у світовому науково-технічному процесі.

Висловлюю щире вдячність секретареві Ради національної безпеки і оборони України **Данілову Олексію Мячеславовичу** за підтримку розвитку наукового напрямку зі створення штучного інтелекту в нашій державі, що спонукає колектив Інституту до плідної праці.

З любов'ю й від щирого серця дякую за участь у роботі над науковим проектом «Створення стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні» та над однойменною колективною монографією, де знайшли відображення численні пропозиції й зауваження: президенту Національної академії наук України, директору Інституту теоретичної фізики Національної академії наук України імені М. М. Боголюбова **Загородньому Анатолію Глібовичу**,

віцепрезиденту Національної академії наук України, в. о. головного вченого секретаря Національної академії наук України, академіку Національної академії наук України **Богданову В'ячеславу Леонідовичу**, віцепрем'єр-міністру, Міністру цифрової трансформації України **Федорову Михайлу Альбертовичу**, Міністру освіти і науки України **Шкарлету Сергію Михайловичу**, Голові Державної служби України з надзвичайних ситуацій **Круку Сергію Івановичу**, начальнику Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту **Волянському Петру Борисовичу**, начальнику Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України **Чепкову Ігорю Борисовичу**, начальнику групи головних наукових співробітників цього Інституту **Слюсарю Вадиму Івановичу**, ректору Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», академіку Національної академії наук України **Згуровському Михайлу Захаровичу**, ректору Київського національного університету будівництва і архітектури **Кулікову Петру Мусійовичу**, директору Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова, академіку Національної академії наук України **Сергієнку Івану Васильовичу**, заступнику директора Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, академіку-секретарю відділення інформатики Національної академії наук України **Хімічу Олександрю Миколайовичу**.

Щира поіменна подяка авторському колективу монографії й учасникам низки однойменних конференцій за участь у змістовному обговоренні проблем штучного інтелекту, пропозицій, експертні висновки й доповнення, що враховані в тексті документа національного рівня «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» (2023 – 2030).

Керівник наукового проєкту,
директор Інституту проблем
штучного інтелекту
МОН України і НАН України,
Заслужений діяч науки
і техніки України,
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук,
професор



Анатолій ШЕВЧЕНКО

**Address by Anatolii Shevchenko,
the Manager of the Scientific Project
«Creating the Strategy for Artificial Intelligence Development in
Ukraine» of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the
Ministry of Education and Science of Ukraine and the National
Academy of Sciences of Ukraine**



This monograph summarizes the work of a team of Ukrainian scientists on the scientific project “Creation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine”.

The development of artificial intelligence technologies is an overriding modern trend. Leading global companies and states pay great attention to this issue. More than 50 countries have already created and adopted strategies for the development of artificial intelligence, in which they outlined the general directions of scientific research and business in this area. Ukraine should not remain on the sidelines – even despite the lack of funding for scientific research.

It is known that scientific research always needs to determine the direction and object of research, in particular, this applies to the direction of research and definitions in the field of artificial intelligence. They should mainly be based on the results of fundamental research, and not on the advancement of known information technologies, on the basis of which it is unlikely to obtain breakthrough technologies. Scientists do not always use the definition of the object of research which is “artificial intelligence” properly. First of all, it is essential to clearly formulate the concept of intelligence, and create an artificial model of it. The vast majority of such researchers define artificial intelligence as a “black box” with the following characteristics: a neuro-like or classical structure with the ability to learn and self-learn, ability to recognize and synthesize speech and images, presence of artificial senses, etc. As it is known, according to certain characteristics of the “black box” it is not always possible to determine what is contained in this box. In this case, further research is carried out by the so-called “trial and error method”. The chosen direction of scientific research does not always lead to the acquisition of new knowledge, in particular to the creation of so-called sensible or conscious artificial intelligence as a model of human intelligence. It is reasonable to conduct such studies as concerning not “artificial intelligence”, but to “computational intelligence” or “electronic intelligence”.

The Strategy states the following:

1. *The main approaches to creating a model of human intelligence called “artificial intelligence” were formulated, which is not limited to the construction of computational or electronic intelligence solely on the basis of the advancement of known information technologies.*

2. *For the first time, the object and direction of fundamental research was proposed and scientifically justified.*

3. *Members of the union of Ukrainian scientists in the field of artificial intelligence came together and formed a team of specialists.*

4. *The direction of scientific research for the creation of breakthrough technologies in the field of artificial intelligence was substantiated.*

At the first International Conference Artificial Intelligence – 2000 scientists of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine made a scientific report **“On approaches to the problem of modeling artificial intelligence as a function of artificial consciousness”** and presented samples of implementation of these approaches. On the basis of the research Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine in 1997, by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, a higher education institution was created – Donetsk State Institute of Artificial Intelligence. After 10 years of active work, taking into account significant scientific achievements and special training in the field of artificial intelligence, in 2007, State University of Informatics and Artificial Intelligence (SUIAI) was established on the basis of Donetsk State Institute of Artificial Intelligence, which recruited the first group of students in Ukraine on a state-funded basis, and in general, more than 2000 students concurrently studied new technologies at the university which was awarded Level IV accreditation status. At the initiative of the SUIAI, the Higher Attestation Commission of Ukraine approved a new degree program for the subsequent defense of candidate and doctoral theses: 05.13.23 “Systems and means of artificial intelligence”. First-ever specialized academic council in Ukraine was founded at State University of Informatics and Artificial Intelligence, and the first candidate thesis of this degree program was presented. In higher education institutions of Ukraine, departments devoted to artificial intelligence for the training of specialists and relevant councils for thesis evaluation started to crop up.

Thus, the object of scientific research for the creation of artificial intelligence – the artificial consciousness of a machine – was declared and defined. A new direction in the creation of artificial intelligence allowed us to obtain positive results: the functional scheme of a computer with artificial intelligence was created and patented, and the possibility of creating artificial consciousness was scientifically substantiated. A person who has lost consciousness also loses intelligence. In other words, human intelligence originates from consciousness. In the USA and Germany, over a million copies of training programs, which incorporated elements of artificial intelligence, were sold.

The scientific community discussed the current state of artificial intelligence during the annual international scientific and practical conferences “Artificial

Intelligence and Information Systems”, in particular during the 20th conference (November 27, 2020), which was attended by the vast majority of computer scientists of Ukraine (95 scientists), including 52 Doctors of Sciences specializing in artificial intelligence. It was decided to use human intelligence as a prototype of artificial intelligence. With the support of the National Security and Defense Council of Ukraine (letter dated 29.01.21 No. 271/16-07/2-21), Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine sent letters of inquiry to over 300 different organizations, in particular, to the majority of ministries of Ukraine, scientific institutions, state and private institutions of higher education, commercial organizations to determine the need for the implementation and use of artificial intelligence technologies in their work. During the period from January 2021 to July 2022, ten specialized conferences, a number of scientific seminars and meetings of the working group on Creation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine were held. The results of these scientific discussions have been utilized in the Strategy, which is adapted specifically for Ukraine, in particular, considering scientific structures in the field of artificial intelligence and highly educated citizens. Supplemental materials scrutinizing certain points of the Strategy have been submitted by authors.

Based on the results obtained by Ukrainian scientists, national definitions of the term “human intelligence” and its derivative term “artificial intelligence” were formulated:

- **human intelligence is a function of human consciousness represented by a system of algorithms, which ensures self-learning in accordance with the available information, acquired knowledge, rules, laws of society and its experience as well as problem-solving, and the ability to conduct self-diagnosis and rationalize made decisions;**

- **artificial intelligence is a function of artificial consciousness represented by the system of algorithms, created, and controlled by it, which ensures self-learning in accordance with the available information, acquired knowledge, rules, laws of society and its experience as well as creation of new knowledge to carry out human orders, and the ability to conduct self-diagnosis and rationalize made decisions.**

We will further assume that “artificial intelligence” is conscious, reasonable and adheres to ethical, moral and legal norms. Therefore, we connect the study of artificial intelligence with the study of a natural phenomenon – human intelligence. It is known to be conscious and reasonable.

Similarly, humanity has invented many useful materials and technologies: biomedical plastic that mimics sea cucumber, mushroom packaging, modular structures that mimic living cells, concrete based on coral reefs, etc. In the process of

drawing Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine up, similar documents of other states had been carefully studied, as well as the NATO Strategy, recommendations of the Council of Europe dated May 22, 2019, and proceedings of the UNESCO General Conference dated November 21, 2021 regarding artificial intelligence. The aforementioned experiences were adapted to Ukrainian setting and utilized in the text of Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine. The analysis of existing scientific research conducted in Ukraine in the field of informatics and artificial intelligence allowed us to conclude: additional funding is not required to fulfil the objectives of the Strategy. Instead, the available funding allocated by the state for the development of the field of computer science and artificial intelligence should be directed to the creation and implementation of competitive systems with artificial intelligence.

A well-founded choice of the object of study will help to direct the activity (for example, it can be a computer with artificial intelligence or a functional model of a computer with artificial intelligence (fig. 4, 245 p.)) which makes it possible to renew the direction of fundamental and applied research to develop breakthrough technologies.

Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine was created taking into account provisions from the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine, approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1556-p dated December 2, 2020. It is worth noting that strategies involve a deeper understanding of the object of development than concepts, and are always focused on achieving a specific goal of fundamental and applied research and business. In comparison with concepts, strategies are the next stage in the execution of plans for the implementation of existing developments to determine breakthrough technologies, scientific potential and sources of funding.

Taking into account the complexity of the problem of creating a new generation computer with artificial intelligence, Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine *foresees the unification of the efforts of the majority of scientists dealing with these issues*, which was not and could not be foreseen in the Concept. The directions of artificial intelligence development in Ukraine outlined in the Strategy correspond to the modern world directions of the development of science and technology. *It was shown that breakthrough technologies in Ukraine could be created on the basis of national achievements in fundamental science.*

I am convinced that the practical implementation of Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine will help our country to remain of a decent role in the global scientific and technical process.

I would like to express my sincere gratitude to the Secretary of the National Security and Defense Council of Ukraine **Oleksiy Miacheslavovych Danilov** for supporting the development of scientific direction designed to create artificial intelligence in our country, which encourages academic staff of the Institute to work fruitfully.

I thank you from the bottom of my heart for working on the project Creation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine and on the collective

monograph of the same name, which encompasses numerous proposals and remarks. I thank President of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director of the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine **Zagorodny Anatolii Hlibovych**; Vice President of the National Academy of Sciences of Ukraine, Acting Chief Scientific Secretary of the National Academy of Sciences of Ukraine, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine **Bohdanov Viacheslav Leonidovych**; Deputy Prime Minister, Minister of Digital Transformation of Ukraine **Fedorov Mykhailo Albertovych**; Minister of Education and Science of Ukraine **Shkarlet Serhii Mykhailovych**; Head of the State Emergency Service of Ukraine **Kruk Serhii Ivanovych**; Head of the Institute of Public Administration and Research in Civil Protection **Volianskyi Petro Borysovych**; Head of the Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine **Chepkov Ihor Borysovych**; to the Leader of the Group of Chief Researchers of this Institute **Slyusar Vadym Ivanovych**; Rector of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine **Zghurovskyi Mykhailo Zakharovych**; Rector of the Kyiv National University of Construction and Architecture **Kulikov Petro Musiiovych**; Director of V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine **Serhiienko Ivan Vasylovych**; Deputy Director of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Department of Informatics of the National Academy of Sciences of Ukraine **Khimich Oleksandr Mykolaiovych**.

Sincere gratitude to the team of authors of the monograph and the participants of conferences of the same name for taking part in a meaningful discussion of the problems of artificial intelligence, proposals, expert opinions and additions, which are taken into account in the text of the document of the national level “Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine” (2023 - 2030).

Manager of the Scientific Project,
Director of the Institute of Artificial
Intelligence Problems of the Ministry of
Education and Science of Ukraine and the
National Academy of Sciences of Ukraine,
Honored Worker of Science and
Technology of Ukraine,
Corresponding Member of the
National Academy of
Sciences of Ukraine,
Doctor of Technical Sciences,
Professor



Anatolii SHEVCHENKO

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ

У цій монографії викладено отримані результати наукового проєкту Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» (2023 – 2030) та деталізовано окремі її положення.

Автори монографії, які брали участь у створенні загального тексту Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 - 2030), окремих доповнень до нього та рецензій:



Шевченко Анатолій Іванович

Директор Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України (м.Київ), член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України: Слово керівника наукового проєкту «Створення стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні» Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України, Авторський колектив, вступ, розділи 2, 3, 4, 5,

6, 7, 8, 9, 10, загальне редагування монографії.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57188766815>; h-індекс: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-0095-538X>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=1tHe1TYAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 9.



Барановський Сергій Віталійович

Доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Національного університету водного господарства та природокористування (м.Рівне), кандидат технічних наук: доповнення до підрозділу 7.3 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57219099137>; h-індекс: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-8056-2980>;

https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=j9lDDTwAAAAJ&view_op; h-індекс: 3.



Білокобильський Олександр Володимирович

Завідувач відділу «Теоретичні дослідження в галузі штучного інтелекту» Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України (м.Київ), доктор філософських наук, професор: вступ, розділ 3, доповнення до розділу 6 і підрозділу 7.3 розділу 7.

<https://orcid.org/0000-0002-0139-4748>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=bSg1MkgAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 5.



Бодянський Євгеній Володимирович

Професор кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки, доктор технічних наук, професор: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=13105377000>; h-індекс: 20;

<https://orcid.org/0000-0001-5418-2143>;

<http://www.researcherid.com/rid/R-3344-2016>; h-індекс: 11;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=0rdVsWEAAAAJ>; h-індекс: 31.



Бомба Андрій Ярославович

Професор кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Національного університету водного господарства та природокористування (м.Рівне), доктор технічних наук, професор: доповнення до підрозділу 7.3 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003388832>; h-індекс: 9;

<https://orcid.org/0000-0001-5528-4192>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/257649>; h-індекс: 2;

<https://scholar.google.com/citations?user=rH7QKLwAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-індекс: 6.



Довбуш Анатолій Степанович

Професор кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету, доктор технічних наук, професор: доповнення до розділу 8 і підрозділу 2.1 розділу 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36052468600>; h-індекс: 5;
<https://orcid.org/0000-0003-1829-3318>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAH-1630-2021>; h-індекс: 3;
<https://scholar.google.com/citations?user=AcBgyaAAAAAJ&hl=ru>; h-індекс: 10.



Жохін Анатолій Сергійович

Старший науковий співробітник відділу синергетики Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України, кандидат фізико-математичних наук: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=15081695100>; h-індекс: 4;
<https://orcid.org/0000-0001-7826-6608>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-7313-2018>;
<https://scholar.google.com/citations?user=ykjQpi8AAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 4.



Єрошенко Тетяна Вікторівна

Науковий співробітник відділу «Теоретичні дослідження в галузі штучного інтелекту» Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України (м.Київ), кандидат філософських наук: вступ, розділ 2 доповнення до визначення поняття «штучний інтелект», розділ 6.

<https://orcid.org/0000-0002-1670-5983>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=IPDI2eUAAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 3.



Казимир Володимир Вікторович

Професор кафедри інформаційних та комп'ютерних систем Національного університету «Чернігівська політехніка», доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, лауреат Державної премії України у галузі освіти, Заслужений діяч науки і техніки України: підрозділ 7.1 розділу 7, доповнення до вступу, розділу 8, частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56644727300>; h-індекс: 3;

<https://orcid.org/0000-0001-8163-1119>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/Q-2925-2016>; h-індекс: 1;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=Rk2N8gUAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 10.



Клименко Микита Сергійович

Заступник директора з наукової роботи Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України (м.Київ): розділи 2, 3, 4, 7, 8, 9, доповнення до підрозділу 2.2 (ланцюжок маркетингових досліджень) розділу 2.

<https://scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221867526>;

<https://orcid.org/0000-0003-4433-6641>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AEB-5596-2022>;

<https://scholar.google.com/citations?user=2-a8Bu8AAAAJ>; h-індекс: 2.



Ковалевський Сергій Вадимович

Завідувач кафедри інноваційних технологій і управління Донбаської державної машинобудівної академії, доктор технічних наук, професор: доповнення до підрозділу 7.4 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201214151>; h-індекс: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-4708-4091>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/S-7619-2019>;

<https://scholar.google.com/citations?user=cu1GjnMAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-індекс: 9.



Козлов Олексій Валерійович

Доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м.Миколаїв), доктор технічних наук: доповнення до розділів 1, 3, 8, 10, підрозділів: 2.2 розділу 2, 7.1, 7.4, 7.7 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003797995>; h-індекс: 14;

<https://orcid.org/0000-0003-2069-5578>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/U-5977-2017>; h-індекс: 6;

<https://scholar.google.com/citations?user=2CkAwAoAAAAJ&hl=en>; h-індекс: 15.



Кондратенко Юрій Пантелійович

Завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м.Миколаїв), доктор технічних наук, професор, Заслужений винахідник України: доповнення до розділів 1, 3, 8, 10, підрозділів: 2.2 розділу 2; 7.1, 7.4, 7.7 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602324472>; h-індекс: 21;

<https://orcid.org/0000-0001-7736-883X>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-5296-2017>; h-індекс: 9;

<https://scholar.google.com/citations?user=m8IqYD8AAAAJ&hl=ru&oi=ao>; h-індекс: 27.



Купін Андрій Іванович

Завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Криворізького національного університету (м.Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), доктор технічних наук, професор: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24722874000>; h-індекс: 6;

<https://orcid.org/0000-0001-7569-1721>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-1154-2018>; h-індекс: 3;

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=MBBOZoYAAAAJ>; h-індекс: 9.



Ланде Дмитро Володимирович

Завідувач кафедри інформаційної безпеки Навчально-наукового фізико-технічного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктор технічних наук, професор: доповнення до підрозділу 7.1 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=19934022600>; h-індекс: 6;

<https://orcid.org/0000-0003-3945-1178>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/943541>; h-індекс: 3;

<https://scholar.google.com/citations?user=6VY4hNQAAAAJ&hl=en>; h-індекс: 31.



Малярєць Людмила Михайлівна

Завідувач кафедри вищої математики і економіко-математичних методів Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, доктор економічних наук, професор: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57189248374>; h-індекс: 6;

<https://orcid.org/0000-0002-1684-9805>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-9858-2018>; h-індекс: 3;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=gex10qgAAAAJ&hl=ru>; h-індекс: 20.



Мінцер Озар Петрович

Завідувач кафедри інформатики, інформаційних технологій і трансдисциплінарного навчання Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика (м.Київ), доктор медичних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, дійсний член Міжнародної академії інформатики, Української академії інформатизації та Академії технологічних наук України: доповнення до підрозділу 7.3 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35865993800>; h-індекс: 4;

<https://orcid.org/0000-0002-7224-4886>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-4636-2015>; h-індекс: 2;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=5zDxP2gAAAAJ&hl>; h-індекс: 15.



Панкратова Наталія Дмитрівна

Заступник директора з наукової роботи Навчально-наукового Інституту прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри математичних методів системного аналізу ПСА, член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, лауреат премії імені

В. М. Глушкова: розділ 2 доповнення до визначення поняття «штучний інтелект», частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004316033>; h-індекс: 8;

<https://orcid.org/0000-0002-6372-5813>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/E-7148-2018>; h-індекс: 4;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=REDB7xAAAAAJ>; h-індекс: 23.



Писаренко Валерій Георгійович

Завідувач відділу математичних проблем прикладної інформатики Інституту кібернетики імені

В. М. Глушкова НАН України (м.Київ), доктор фізико-математичних наук, професор: підрозділ 7.8 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006303450>; h-індекс: 1;

<https://orcid.org/0000-0001-7798-7673>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=odPtQGUA AAAAJ>; h-індекс: 7.



Рамазанов Султан Курбанович

Професор кафедри «Інформаційні системи в економіці» Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана, доктор технічних наук, доктор економічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Відмінник освіти України, почесний професор Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м.Київ) та Полтавського університету економіки і торгівлі: розділ 3, доповнення до вступу, розділів 1, 5, підрозділів: 2.2

розділу 2; 7.3 розділу 7, частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57210346169>; h-індекс: 1;

<https://orcid.org/0000-0002-8847-6200>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAN-2236-2020>; h-індекс: 2;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&authuser=1&user=eocIJgAAAAJ>; h-індекс: 14.



Роскладка Андрій Анатолійович

Завідувач кафедри цифрової економіки та системного аналізу Державного торговельно-економічного університету (м.Київ), доктор економічних наук, професор: доповнення до розділу 8.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=14062340300>; h-індекс: 4;

<https://orcid.org/0000-0002-1297-377X>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/N-3234-2016>; h-індекс: 1;

<https://scholar.google.com/citations?user=p8UwAUAAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-індекс: 8.



Саченко Анатолій Олексійович

Науковий керівник Науково-дослідного інституту інтелектуальних комп'ютерних систем Західноукраїнського національного університету (м.Тернопіль) та Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (м.Київ), Голова міжнародних IEEE IDAACS конференцій з 2001, Головний редактор Міжнародного журналу «Комп'ютинг» з 2002. Заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор: частина III «Експертні висновки щодо

Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35518445600>; h-індекс: 22;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/I-4908-2017>; h-індекс: 11;

<https://scholar.google.com/citations?user=mUKWyDUAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-індекс: 26.



Сергієнко Анатолій Михайлович

Доцент кафедри обчислювальної техніки факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктор технічних наук: доповнення до підрозділу 2.2 розділу 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=27868137900>; h-індекс: 6;

<https://orcid.org/0000-0001-5965-1789>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-9339-2016>; h-індекс: 4;

<https://scholar.google.com/citations?user=LEP8TyEAAAAAJ&hl>; h-індекс: 10.



Сіденко Євген Вікторович

Доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м.Миколаїв), кандидат технічних наук: доповнення до розділів 1, 3, 8, 10, підрозділів: 2.2 розділу 2; 7.1, 7.4, 7.7 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55991342900>; h-індекс: 10;

<https://orcid.org/0000-0001-6496-2469>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-5816-2018>; h-індекс: 3;

<https://scholar.google.com/citations?user=1mLacg0AAAAAJ&hl=en>; h-індекс: 12.



Сімченко Сергій Володимирович

Старший науковий співробітник Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, доцент кафедри математичного моделювання та фізики Державного університету телекомунікацій, кандидат фізико-математичних наук: підрозділ 2.1 розділу 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=53878688400>; h-індекс: 3;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=6coEt3sAAAAAJ>; h-індекс: 3.



Слюсар Вадим Іванович

Головний науковий співробітник – начальник групи головних наукових співробітників Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор: розділ 2 доповнення до визначення поняття «штучний інтелект», підрозділ 7.1 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004240035>; h-індекс: 5;

<https://orcid.org/0000-0002-2912-3149>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/C-5158-2009>; h-індекс: 2;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=wSegaWsAAAAJ>; h-індекс: 29.



Стасюк Олександр Іонович

Професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (м.Київ), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191292791>; h-індекс: 5;

<https://orcid.org/0000-0002-2889-2288>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-9226-2019>; h-індекс: 3;

https://scholar.google.com/citations?view_op=new_articles&hl=uk&imq; h-індекс: 8.



Стрижак Олександр Євгенович

Заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук України», лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор: доповнення до вступу.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56566707800>; h-індекс: 4;

<https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/O-2668-2018>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=dD-T0GQAAAAJ>; h-індекс: 15.



Стрюк Олександр Сергійович

Викладач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м.Миколаїв): доповнення до розділів 1, 3, 8, 10, підрозділів: 2.2 розділу 2; 7.1, 7.4, 7.7 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57222145499>; h-індекс: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-6391-4382>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/HMP-6750-2023>;

<https://scholar.google.com/citations?user=h6wyPOcAAAAJ&hl=en>; h-індекс: 2.



Субботін Сергій Олександрович

Завідувач кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», доктор технічних наук, професор, експерт секції № 2 «Інформатика та кібернетика» наукової ради МОН України: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006531104>; h-індекс: 16;

<https://orcid.org/0000-0001-5814-8268>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-4862-2017>; h-індекс: 9;

<https://scholar.google.com/citations?user=S113KrgAAAAJ>; h-індекс: 23.



Ташієв Рахман Кулійович

Ведучий науковий співробітник Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України (м.Київ), доктор медичних наук, професор кафедри онкології Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика (м.Київ): підрозділ 7.3 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57213784706>.



Терещенко Василь Миколайович

Завідувач кафедри математичної інформатики факультету комп'ютерних наук та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор фізико-математичних наук, професор: доповнення до розділів 1, 8, підрозділів 2.2 розділу 2 та 7.6 розділу 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35319035700>; h-індекс: 4;

<https://orcid.org/0000-0001-7639-2969>;

<https://scholar.google.com/citations?user=2dYfvQoAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-індекс: 5.



Халіков Руслан Халікович

Доцент кафедри всесвітньої історії та релігієзнавства Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, кандидат філософських наук: розділ 5.

<https://orcid.org/0000-0001-7558-3675>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=suGYAJMAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 4.



Чебанов Віктор Борисович

Науковий співробітник відділу «Теоретичні дослідження в галузі штучного інтелекту» Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України: підрозділ 7.3 розділу 7.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=hwPLdKYAAAAJ&hl=uk>.



Чертов Олег Романович

Завідувач кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктор технічних наук, професор: вступ, частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57206489823>; h-індекс: 6;
<https://orcid.org/0000-0003-0087-1028>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-8282-2012>; h-індекс: 4;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=ccHx1N0AAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 10.



Чопоров Сергій Вікторович

Завідувач кафедри комп'ютерних наук математичного факультету Запорізького національного університету, доктор технічних наук, професор: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191838517>; h-індекс: 1;
<https://orcid.org/0000-0001-5932-952X>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/E-2659-2018>; h-індекс: 1;
<https://scholar.google.com/citations?user=mwV6KGgAAAAJ&hl=uk&oi=sra>; h-індекс: 5.



Щокін Вадим Петрович

Директор Науково-дослідного гірничорудного інституту Криворізького національного університету (м.Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), доктор технічних наук, професор, лауреат премії Президента України для молодих вчених: доповнення до підрозділу 7.4 розділу 7

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56468018200>; h-індекс: 4;
<https://orcid.org/0000-0001-9709-1831>;
<https://scholar.google.com/citations?user=EsfV6dQAAAAJ&hl=uk&oi=sra>; h-індекс: 4.



Фетісов Валентин Іванович

Заступник директора із загальних питань Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, кандидат педагогічних наук, професор: вступ, підрозділ 2.1 розділу 2, розділ 3, підрозділ 7.2 розділу 7.

<https://orcid.org/0009-0005-1429-8519>;

<https://scholar.google.com/citations?user=GR77ygQAAAAJ&hl=uk>.



Яковина Віталій Степанович

Професор кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка», доктор технічних наук, експерт секції № 2 «Інформатика та кібернетика» наукової ради МОН України: частина III «Експертні висновки щодо Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)».

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602569305>; h-індекс: 9;

<https://orcid.org/0000-0003-0133-8591>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/N-8402-2017>; h-індекс: 6;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=e1Sj2JYAAAAJ&hl=uk>; h-індекс: 12.

TEAM OF AUTHORS

This monograph encompasses the results of the scientific project of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine “Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine” (2023 - 2030) and details its separate ideas.

The authors of the monograph who participated in the creation of the general text of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030), individual additions to it and reviews:



Shevchenko A.

Director of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine: Address of the Manager of the Scientific Project «Creating the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine" of the Institute of Artificial

Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Team of Authors, Introduction, Sections 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, general editing.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57188766815>; h-index: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-0095-538X>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=1tHelTYAAAAJ&hl=uk>; h-index: 9.



Baranovsky S.

Associate Professor at the Department of Computer Technologies and Economic Cybernetics, National University of Water and Environmental Engineering (Rivne), Candidate of Technical Sciences: supplement to Subsection 7.3, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57219099137>; h-index: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-8056-2980>;

https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=j9lDDTwAAAAJ&view_op; h-index: 3.



Bilokobylskyi O.

Head of the Department of Theoretical Research in the Field of Artificial Intelligence, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Doctor of Philosophical Sciences, Professor: Introduction, Sections 3, 6, Subsection 7.3, Section 7.

<https://orcid.org/0000-0002-0139-4748>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=bSg1MkgAAAAJ&hl=uk>; h-index: 5.



Bodyanskiy Ye.

Professor at the Department of Artificial Intelligence, Kharkiv National University of Radio Electronics, Doctor of Technical Sciences, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=13105377000>; h-index: 20;

<https://orcid.org/0000-0001-5418-2143>;

<http://www.researcherid.com/rid/R-3344-2016>; h-index: 11;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=0rdVsWEAAAAJ>; h-index: 31.



Bomba A.

Professor at the Department of Computer Sciences and Applied Mathematics, National University of Water Management and Environmental Engineering (Rivne), Doctor of Technical Sciences, Professor: supplement to Subsection 7.3, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003388832>; h-index: 9;

<https://orcid.org/0000-0001-5528-4192>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/257649>; h-index: 2;

<https://scholar.google.com/citations?user=rH7QKLwAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-index: 6.



Dovbysh A.

Professor at the Department of Computer Sciences, Sumy State University, Doctor of Technical Sciences, Professor: supplements to Section 8 and Subsection 2.1, Section 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36052468600>; h-індекс: 5;
<https://orcid.org/0000-0003-1829-3318>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAH-1630-2021>; h-індекс: 3;
<https://scholar.google.com/citations?user=AcBgyaAAAAAJ&hl=ru>; h-індекс: 10.



Zhokhin A.

Senior Researcher at the Department of Synergetics, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Physico-Mathematical Sciences: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=15081695100>; h-index: 4;
<https://orcid.org/0000-0001-7826-6608>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-7313-2018>;
<https://scholar.google.com/citations?user=ykjQpi8AAAAJ&hl=uk>; h-index: 4.



Yeroshenko T.

Researcher at Department of Theoretical Research in the Field of Artificial Intelligence, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Candidate of Philosophical Sciences: Introduction, Section 2, proposals for the definition of “artificial intelligence”, Section 6.

<https://orcid.org/0000-0002-1670-5983>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=IPDI2eUAAAAJ&hl=uk>; h-index: 3.



Kazymyr V.

Professor at the Department of Information and Computer Systems, Chernihiv National University of Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Laureate of the State Prize of Ukraine in Education, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine: supplements to Introduction, Section 8, Subsections 7.1, 7.4, Section 7, III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56644727300>; h-index: 3;

<https://orcid.org/0000-0001-8163-1119>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/Q-2925-2016>; h-index: 1;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=Rk2N8gUAAAAJ&hl=uk>; h-index: 10.



Klymenko M.

Deputy Director for Scientific Work, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv): Sections 2, 3, 4, 7, 8, 9, supplements to Subsection 2.2 (chain of marketing research), Section 2.

<https://scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221867526>;

<https://orcid.org/0000-0003-4433-6641>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AEB-5596-2022>;

<https://scholar.google.com/citations?user=2-a8Bu8AAAAJ>; h-index: 2.



Kovalevskyy S.

Head of the Department of Innovative Technologies and Management, Donbas State Engineering Academy, Doctor of Technical Sciences, Professor: supplement to Subsection 7.4, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201214151>; h-index: 2;

<https://orcid.org/0000-0002-4708-4091>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/S-7619-2019>;

<https://scholar.google.com/citations?user=cu1GjnMAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-index: 9.



Kozlov O.

Associate Professor at the Department of Intelligent Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv), Doctor of Technical Sciences: supplements to Sections 1, 3, 8, 10, Subsections: 2.2, Section 2; 7.1, 7.4, 7.7, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003797995>; h-index: 14;
<https://orcid.org/0000-0003-2069-5578>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/U-5977-2017>; h-index: 6;
<https://scholar.google.com/citations?user=2CkAwAoAAAAJ&hl=en>; h-index: 15.



Kondratenko Yu.

Head of the Department of Intelligent Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv), Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of Ukraine: supplements to Sections 1, 3, 8, 10, Subsections 2.2, Section 2; 7.1, 7.4, 7.7, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602324472>; h-index: 21;
<https://orcid.org/0000-0001-7736-883X>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-5296-2017>; h-index: 9;
<https://scholar.google.com/citations?user=m8IqYD8AAAAJ&hl=ru&oi=ao>; h-index: 27.



Kupin A.

Head of the Department of Computer Systems and Networks, Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk Oblast), Doctor of Technical Sciences, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24722874000>; h-index: 6;
<https://orcid.org/0000-0001-7569-1721>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-1154-2018>; h-index: 3;
<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=MBBOZoYAAAAJ>; h-index: 9.



Lande D.

Head of the Department of Information Security, Educational and Scientific Physical and Technical Institute National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Doctor of Technical Sciences, Professor: supplement to Subsection 7.1, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=19934022600>; h-index: 6;
<https://orcid.org/0000-0003-3945-1178>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/943541>; h-index: 3;
<https://scholar.google.com/citations?user=6VY4hNQAAAAJ&hl=en>; h-index: 31.



Malyarets L.

Head of the Departments of Higher Mathematics, Economic and Mathematical Methods, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Doctor of Economics, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57189248374>; h-index: 6;
<https://orcid.org/0000-0002-1684-9805>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-9858-2018>; h-index: 3;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=gex10qgAAAAJ&hl=ru>; h-index: 20.



Mincer O.

Head of the Department of Informatics, Information Technology and Transdisciplinary Learning, Shupyk National Healthcare University of Ukraine (Kyiv), Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Acting Member of the International Academy of Informatics, Ukrainian Academy of Informatization and Academy of Technological Sciences of Ukraine: supplement to Subsection 7.3, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35865993800>; h-index: 4;
<https://orcid.org/0000-0002-7224-4886>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-4636-2015>; h-index: 2;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=5zDxP2gAAAAJ&hl=> h-index: 15.



Pankratova N.

Deputy Director for Scientific Work, Educational and Scientific Institute for Applied Systems Analysis, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (IASA), Professor at the Department of Mathematical Methods of System Analysis of IASA, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,

Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Laureate of V.M. Glushkov Prize: Section 2, proposals for the definition of “artificial intelligence”, as well as part of III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004316033>; h-index: 8;

<https://orcid.org/0000-0002-6372-5813>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/E-7148-2018>; h-index: 4;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=REDB7xAAAAAJ>; h-index: 23.



Pysarenko V.

Head of the Department of Mathematical Problems of Applied Informatics, V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor: Subsection 7.8, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006303450>; h-index: 1;

<https://orcid.org/0000-0001-7798-7673>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=odPtQGUA AAAAJ>; h-index: 7.



Ramazanov S.

Professor at the Department of Information Systems in Economics, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, was awarded the “Excellence in Education” badge, emeritus professor at the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University and Poltava University of Economics and Trade:

supplements to Introduction, Sections 1, 3, 5, Subsections: 2.2, Section 2; 7.3, Section 7, III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57210346169>; h-index: 1;

<https://orcid.org/0000-0002-8847-6200>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAN-2236-2020>; h-index: 2;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&authuser=1&user=eocIJigAAAAJ>; h-index: 14.



Roskladka A.

Head of the Department of Digital Economy and System Analysis, State University of Trade and Economics (Kyiv), Doctor of Economic Sciences, Professor: supplements to Section 8.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=14062340300>; h-index: 4;

<https://orcid.org/0000-0002-1297-377X>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/N-3234-2016>; h-index: 1;

<https://scholar.google.com/citations?user=p8UwAUAAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-index: 8.



Sachenko A.

Director of the Research Institute for Intelligent Computer Systems, West Ukrainian National University (Ternopil) and V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), General Chairman of IEEE IDAACS since 2001, Editor-in-Chief of the International Journal “Computing” since 2002, Honored Inventor of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35518445600>; h-index: 22;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/I-4908-2017>; h-index: 11;

<https://scholar.google.com/citations?user=mUKWyDUAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-index: 26.



Serghijenko A.

Associate Professor at the Department of Computer Engineering, Faculty of Informatics and Computer Engineering, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Doctor of Technical Sciences: supplement to Subsection 2.2, Section 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=27868137900>; h-index: 6;

<https://orcid.org/0000-0001-5965-1789>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-9339-2016>; h-index: 4;

<https://scholar.google.com/citations?user=LEP8TyEAAAAJ&hl>; h-index: 10.



Sidenko Ie.

Associate Professor at the Department of Intelligent Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv), Candidate of Technical Sciences: supplements to Sections 1, 3, 8, 10, Subsections: 2.2, Section 2; 7.1, 7.4, 7.7, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55991342900>; h-index: 10;

<https://orcid.org/0000-0001-6496-2469>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-5816-2018>; h-index: 3;

<https://scholar.google.com/citations?user=1mLacg0AAAAJ&hl=en>; h-index: 12.



Simchenko S.

Senior Researcher at the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Associate Professor at the Department of Mathematical Modeling and Physics, State University of Telecommunications, Candidate of Physico-Mathematical Sciences: Subsection 2.1, Section 2.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=53878688400>; h-index: 3;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=6coEt3sAAAAJ>; h-index: 3.



Slyusar V.

Chief Researcher – Head of the Group of Chief Researchers, Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor: Section 2, proposals for the definition of “artificial intelligence”, Subsection 7.1, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004240035>; h-index: 5;

<https://orcid.org/0000-0002-2912-3149>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/C-5158-2009>; h-index: 2;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=wSegaWsAAAAJ>; h-index: 29.



Stasiuk O.

Professor of the Department of Automation and Computer Integrated Transport Technologies, Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv), Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Doctor of Technical Sciences, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191292791>; h-index: 5;

<https://orcid.org/0000-0002-2889-2288>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-9226-2019>; h-index: 3;

https://scholar.google.com/citations?view_op=new_articles&hl=uk&imq; h-index: 8.



Stryzhak O.

Deputy Director for Scientific Work, National Center “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Laureate of the State Prize of Ukraine in Education, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor: supplement to Introduction.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56566707800>; h-index: 4;

<https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/O-2668-2018>;

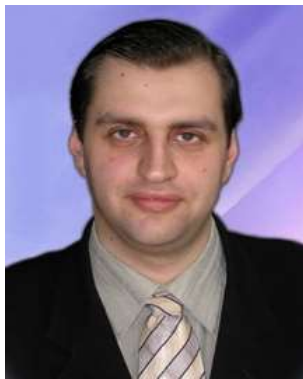
<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=dD-T0GQAAAAJ>; h-index: 15.



Striuk O.

Lecturer at the Department of Intelligent Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv): supplements to Sections 1, 3, 8, 10, Subsections: 2.2, Section 2; 7.1, 7.4, 7.7, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57222145499>; h-index: 2;
<https://orcid.org/0000-0002-6391-4382>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/HMP-6750-2023>;
<https://scholar.google.com/citations?user=h6wyPOcAAAAJ&hl=en>; h-index: 2.



Subbotin S.

Head of the Software Tools Department, “Zaporizhzhia Polytechnic” National University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Expert of the Section No. 2 “Informatics and Cybernetics” of the Scientific Council of the Ministry of Education and Science of Ukraine: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006531104>; h-index: 16;
<https://orcid.org/0000-0001-5814-8268>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/K-4862-2017>; h-index: 9;
<https://scholar.google.com/citations?user=S113KrgAAAAJ>; h-index: 23.



Tashchiiev R.

Senior Researcher at the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Doctor of Medical Sciences, Professor at the Department of Oncology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine (Kyiv): Subsection 7.3, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57213784706>.



Tereshchenko V.

Head of the Department of Mathematical Informatics, Faculty of Computer Science and Cybernetics, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor: supplements to Sections 1, 8, Subsections: 2.2, Section 2 and 7.6, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35319035700>; h-index: 4;

<https://orcid.org/0000-0001-7639-2969>;

<https://scholar.google.com/citations?user=2dYfvQoAAAAJ&hl=uk&oi=ao>; h-index: 5.



Khalikov R.

Associate Professor at the Department of World History and Religious Studies, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Candidate of Philosophical Sciences: Section 5.

<https://orcid.org/0000-0001-7558-3675>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=suGYAJMAAAAJ&hl=uk>; h-index: 4.



Chebanov V.

Researcher at Department of Theoretical Research in the Field of Artificial Intelligence, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine: Introduction, Subsection 7.3, Section 7.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=hwPLdKYAAAAJ&hl=uk>.



Chertov O.

Head of the Department of Applied Mathematics, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Doctor of Technical Sciences, Professor: Introduction, III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57206489823>; h-index: 6;

<https://orcid.org/0000-0003-0087-1028>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-8282-2012>; h-index: 4;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=ccHx1N0AAAAJ&hl=uk>; h-index: 10.



Choporov S.

Head of the Department of Computer Science, Faculty of Mathematics, Zaporizhzhya National University, Doctor of Technical Sciences, Professor: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191838517>; h-index: 1;

<https://orcid.org/0000-0001-5932-952X>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/E-2659-2018>; h-index: 1;

<https://scholar.google.com/citations?user=mwV6KGgAAAAJ&hl=uk&oi=sra>; h-index: 5.



Shchokin V.

Director of the Scientific and Research Institute of Mining and Ore of Kryvyi Rih National University (city of Kryvyi Rih), Doctor of Technical Sciences, Professor, laureate of the award of the President of Ukraine for young scientists: Subsection 7.4, Section 7.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56468018200>; h-index: 4;

<https://orcid.org/0000-0001-9709-1831>;

<https://scholar.google.com/citations?user=EsfV6dQAAAAJ&hl=uk&oi=sra>; h-index: 4.



Fetisov V.

Deputy Director for General Issues, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Pedagogic Sciences, Professor: Introduction, Subsection 2.1, Section 2, Section 3, Subsection 7.2, Section 7.

<https://orcid.org/0009-0005-1429-8519>;

<https://scholar.google.com/citations?user=GR77ygQAAAAJ&hl=uk>.



Jakovyna V.

Professor at the Department of Artificial Intelligence Systems, Lviv Polytechnic National University, Doctor of Technical Sciences, Expert of Section No. 2 “Informatics and Cybernetics”, Scientific Council of the Ministry of Education and Science of Ukraine: III. Expert Opinion on the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602569305>; h-index: 9;

<https://orcid.org/0000-0003-0133-8591>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/N-8402-2017>; h-index: 6;

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=e1Sj2JYAAAAJ&hl=uk>; h-index: 12.

I. СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ (2023 – 2030)

ВСТУП

Науковий проєкт «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» (2023 – 2030) (далі – Стратегія) – документ національного рівня, який визначає пріоритетні напрями наукових досліджень, завдання і заходи щодо створення та впровадження вітчизняних, а також залучення провідних світових технологій штучного інтелекту (ШІ) в інтересах безпеки та оборони, економічного й соціального розвитку України.

Штучний інтелект є однією з ключових технологій сучасності. Понад 50 країн світу, а також Північноатлантичний альянс (НАТО), вже створили й затвердили власні стратегії розвитку штучного інтелекту, щоб зафіксувати свої завдання й пріоритети у цій сфері, прискорити темпи свого науково-технічного та соціально-економічного розвитку.

У таких умовах Україна, володіючи достатнім науковим потенціалом, зобов'язана визначити коло поточних завдань розвитку ШІ, а також сформулювати закони й правила його використання. Разом з тим, незважаючи на поширення інформації про ШІ та фрагментарне застосування елементів цієї технології в окремих галузях, **у повному обсязі штучний інтелект як систему формування нових знань і прийняття на цій основі рішень не створено.** Дослідження проблем ШІ здійснюються переважно в прикладному та комерційному аспектах, без прогнозу на майбутнє та врахування ризиків.

Цю Стратегію створено на основі всебічного аналізу стану державної політики у пріоритетних сферах розвитку суспільства, характеру використання в них технологій ШІ та наявного науково-технічного потенціалу. Інформація, отримана від більшості міністерств і відомств, установ і організацій у сферах безпеки, оборони, науки, освіти, низки індустрій свідчить, що без впровадження систем ШІ в цих сферах їх подальший розвиток не буде ефективним. Аналіз сучасних результатів фундаментальних, прикладних і експериментальних досліджень стосовно штучного інтелекту засвідчив наявність реальних можливостей створення проривних технологій на основі ШІ.

Стратегія базується на положеннях Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні (далі – Концепція), підготовленої Міністерством цифрової трансформації України та затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 № 1556-р., є її розвитком і основним механізмом реалізації.

Реалізація Стратегії має вирішити для нашої держави цивілізаційне завдання щодо утвердження її гідної ролі у сфері ШІ і в створенні екосистеми ШІ загалом. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні не лише визначає шляхи уникнення технологічної залежності нашої країни у сфері ШІ, але й

покликана стати вагомим чинником усебічного сприяння її економічному, технологічному та політичному розвитку.

Загрози, пов'язані зі здійсненням поставлених завдань, – це фактично загрози, пов'язані з можливою втратою контролю над системами ШІ, що може порушувати вимоги конфіденційності та правомірного використання ШІ.

Розділ 1. ПАРАДИГМА

У світі відбувається нова технологічна революція, яка розгортається на основі інтеграції зазначених технологій практично в усі сфери економіки й соціального життя. Формується фактично новий тип суспільства (Суспільство 5.0), виробничі ланцюжки якого, логістика, соціальна інфраструктура будуть базуватися на ШІ. Озброєність інтелектуальними технологіями, інтенсивність і ефективність їх упровадження стають критерієм розвиненості національних економік. Відповідно привабливість країн і регіонів, концентрація в них кваліфікованої робочої сили, об'єктів високотехнологічного виробництва, матеріальних і фінансових ресурсів, освітніх установ, інфраструктурних і культурних об'єктів залежатиме від ступеня впровадження ШІ.

Різні країни бачать подібні можливості застосування штучного інтелекту. У їхніх планах, концепціях і стратегіях найчастіше підкреслюється, що охорона здоров'я, технології, сільське господарство й виробництво є секторами з найбільшим потенціалом трансформацій за допомогою ШІ. Уряди цих країн враховують потенціал цієї технології для зміцнення своїх конкурентних позицій в основних сферах розвитку суспільства.

Розробляються концепції запобігання ризикам, приділяється увага створенню нормативно-правової бази для систем ШІ, дослідженню їхнього впливу на соціальну нерівність і необхідності підвищення прозорості, пов'язаної з системами ШІ.

Зазначені керівні документи наголошують на необхідності дотримання норм міжнародного гуманітарного права, забезпечення інформаційної безпеки та конфіденційного використання даних, які стосуються проектування, розгортання та застосування систем ШІ. Уряди цих країн створюють умови для підтримки інновацій у сфері ШІ.

За всієї подібності загальних завдань, принципів і методів досягнення схожих цілей, закордонні підходи не можуть бути ефективно імплементовані в Україні. Специфіка сучасного стану та унікальні умови нашої країни обумовлюють формування альтернативних шляхів розвитку ШІ з урахуванням провідних світових практик.

Розділ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1. Основні терміни та поняття

Дефініції, використані в цьому документі, враховують положення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні [Концепція 2020]. Разом з тим, Стратегія є наступним кроком реалізації сформульованих у Концепції завдань і передбачає більш глибоке осмислення змісту поняття «штучний інтелект», що базується на застосуванні принципів і механізмів функціонування мозку людини, зокрема її свідомості та совісті.

Термін «штучна свідомість» був уведений у науковий обіг іще в 1992 році [Aleksander 1992]. Надалі проблему штучної свідомості досліджували зарубіжні фахівці Джон Кільстрем (John Kihlstrom), Аніль Сет (Anil Seth), Станіслаас Деан (Stanislas Dehaene), Майкл Граціано (Michael Graziano), Тейлор Вебб (Taylor Webb) та інші [Kihlstrom 1997; Seth, Baars, and Edelman 2005; Dehaene, Lau, and Kouider 2017; Graziano 2017; Graziano and Webb 2017]. Українські науковці розпочали такі дослідження в 2002 році, коли Анатолій Шевченко зробив доповідь на Міжнародній конференції «Штучний інтелект» про підходи до проблеми моделювання штучного інтелекту та штучної свідомості [Шевченко 2002].

Українська наукова школа штучного інтелекту розглядає свідомість людини як фундаментальну соціально-когнітивну систему, що є продуктом діяльності її мозку і спроможна сприймати й розпізнавати інформацію, формувати й систематизувати знання, самонавчатися, приймати самостійні мотивовані рішення залежно від поставлених завдань і наявних обставин, враховуючи закони та правила соціуму. Свідомість формує особистість людини.

Поняття штучної свідомості передбачає наявність штучної совісті як механізму забезпечення етичності рішень ШІ. Це питання було позитивно сприйнято на засіданні Групи урядових експертів з питань летальних автономних систем озброєнь Управління ООН з питань роззброєння 27 червня 2022 року.

Якісна оцінка результатів свідомої діяльності людини корелює з рівнем її інтелекту IQ (від англ. *Intelligence Quotient*), що є кількісною характеристикою інтелекту. Як відомо, цифра не може бути об'єктом наукових досліджень. **Отже, першочерговим завданням у реалізації штучного інтелекту є створення електронної системи, що формує штучну свідомість як модель функціонального апарату свідомості людини. Подібно до свідомості людини, штучну свідомість машини запропоновано розглядати як об'єкт наукового дослідження.**

Як прототип штучного інтелекту взято інтелект людини. При цьому було проведено аналіз понад 50 наявних на сьогодні означень штучного інтелекту. Розглянемо деякі з них, що адекватно відображають сучасне бачення цього поняття.

Енциклопедія «Британніка» трактує штучний інтелект як «здатність цифрового комп'ютера або робота, контрольованого комп'ютером, вирішувати завдання, зазвичай пов'язані з розумними істотами»¹.

Міжнародний стандарт ISO/IEC TR 24028:2020 розглядає штучний інтелект як «здатність інженерної системи набувати, опрацьовувати та застосовувати знання та вміння»².

Словник Коллінза розглядає штучний інтелект як «тип комп'ютерної технології, яка спрямована на те, щоб машини працювали розумним чином, подібно до того, як працює людський розум»³.

Оксфордський словник означає штучний інтелект як «здатність комп'ютерів або інших машин демонструвати або імітувати розумну поведінку; область дослідження, що стосується цього»⁴.

Як бачимо, всі ці означення порівнюють штучний інтелект із людським, але не завжди коректно визначають родове поняття. На жаль, вони базуються лише на функціях ШІ, і жодна з них не трактує його саме як об'єкт дослідження. Такий підхід фактично зводиться до переліку певних характеристик ШІ як «чорної скриньки» без уточнення того, що міститься всередині. Але за характеристиками не завжди можливо визначити об'єкт дослідження. Тому штучний інтелект необхідно означити як **об'єкт наукового дослідження**, тобто як елемент навколишньої дійсності.

З технологічного погляду людський і штучний інтелект доцільно означити таким чином:

- **інтелект людини – функція свідомості людини, яка представлена системою алгоритмів, забезпечує самонавчання відповідно до наявної інформації, набутих знань, правил, законів суспільства та свого власного досвіду, розв'язання на цій основі завдань, що постають перед нею, а також здатність проводити самодіагностику й обґрунтовувати прийняті нею рішення;**

- **штучний інтелект – функція штучної свідомості, яка представлена створеною та контрольованою нею системою алгоритмів, забезпечує самонавчання згідно з наявною інформацією, набутими знаннями, правилами, законами суспільства та своїм досвідом, створення на цій основі нових знань для виконання доручень людини, а також здатність проводити самодіагностику й обґрунтовувати прийняті нею рішення.**

¹ <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>.

² ISO/IEC TR 24028:2020 Information technology - Artificial intelligence - Overview of trustworthiness in artificial intelligence. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:tr:24028:ed-1:v1:en>.

³ <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/artificial-intelligence>.

⁴ <https://www.oed.com/viewdictionaryentry/Entry/271625>.

Отже, штучний інтелект реалізується як сукупність функцій слабкоструктурованої неформалізованої системи, що визначають її мету діяльності та можливість прийняття рішень, механізми навчання та самонавчання, оволодіння знаннями про знання, самоусвідомлення тощо. Надалі під визначенням «Штучний інтелект» поряд з іншими характеристиками будемо вважати, що він свідомий, розумний та приймає рішення з урахуванням етично-моральних та правових норм.

Штучна свідомість проявляється як глобальний самоорганізований інформаційний витвір діяльності обчислювальної системи, який оцінює і контролює ключові процеси, що в ній відбуваються, поширює інформацію між різними ділянками системи для узгодження їхньої роботи і забезпечує соціальне та особистісне сприйняття дійсності.

З погляду технологічної реалізації **штучна свідомість** – це емерджентний алгоритм контролю над інформаційними процесами та інтеграції роботи різних ділянок обчислювальної системи з можливістю заборони реалізації прийнятих системою рішень, який володіє знаннями про себе та про навколишнє середовище, здатен самонавчатися, отримувати нові знання та приймати самостійні, узгоджені з чинним законодавством і правилами суспільства рішення на основі цих знань, зумовлює внутрішню інтегрованість і зовнішню відокремленість цієї системи. Таке розуміння штучної свідомості узгоджується з принципами відповідального застосування ШІ, викладеними у Стратегії НАТО щодо штучного інтелекту [Stanley-Lockman and Hunter 2021], зокрема з опцією деактивації системи, якщо вона почала поводитися непередбачувано.

2.2. Основні напрями досліджень штучного інтелекту

На основі аналізу досліджень ШІ зроблено такі висновки.

Фундаментальні наукові дослідження. Наявні наукові дослідження та документи дозволяють визначити для України область прориву в наукових дослідженнях, що відбувається у фундаментальній науці, зокрема у сфері штучного інтелекту. Необхідно створити в Україні наукомісткий продукт у сфері інформатики та штучного інтелекту, який прийде на заміну теперішнім комп'ютерним системам. Це є найбільш перспективним напрямом упровадження результатів фундаментальних досліджень щодо штучного інтелекту, яка розглядає ШІ як засадничий засіб, який надає безпрецедентну можливість досягти технологічної переваги.

Ці дослідження передбачають розв'язання стратегічного завдання щодо створення **проривної технології**, зокрема **конкурентоспроможної обчислювальної машини нового покоління, створеної на основі традиційних технологій і на технологіях квантових обчислень**. Базова модель машини (комп'ютер, штучна особистість) повинна мати ключовий інтелектуальний блок – штучну свідомість – і відзначатися достатнім рівнем штучного інтелекту, що забезпечить універсальність її використання.

Цей напрям передбачає об'єднання наукових шкіл суміжних галузей, а також науки та бізнесу. При цьому необхідно активно використовувати інтелектуальні

ресурси країни, спрямовані на виконання глобальних науково-технічних проєктів з метою створення проривних технологій у сфері ШІ (квантових і нейроподібних комп'ютерів, систем машинного навчання тощо).

Інформацію щодо функціональних, психологічних, нейробіологічних, хімічних аспектів роботи мозку людини доцільно покласти в основу квантових обчислень та алгоритму побудови універсальної обчислювальної машини зі штучним інтелектом як інструменту для отримання нових знань. Як один із можливих шляхів необхідно використати наявні функціональні схеми роботи мозку людини, зокрема функціональну схему формування інтелекту людини.

Ключовою умовою функціонування такої машини є необхідність урахування законів природничих наук, морально-етичних і правових норм, прийнятих у міжнародному співтоваристві та в окремій державі. Такий підхід забезпечить прийняття оптимальних рішень в інтересах конкретного користувача та людства в цілому.

Прикладні та експериментальні наукові дослідження. Для створення сучасних закордонних проривних технологій і продуктів у сфері ШІ завжди відбувалася концентрація колективів науковців і бізнесу, використовувалася схема швидкого впровадження наукових результатів у виробництво з виходом на міжнародний ринок.

У зв'язку з цим Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає створення механізмів упровадження вітчизняних прикладних та експериментальних розробок для пошуку проривних технологій і забезпечення важливих сфер життєдіяльності держави (безпека, оборона, діяльність уряду, космос, наука, освіта, право, медицина, промисловість, телекомунікація, сільське господарство тощо) новітніми технологіями та системами зі штучним інтелектом. Важливим кроком у цьому напрямі продовження є реалізація Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні.

Розділ 3. МЕТА І ЗАВДАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ (2023 – 2030)

Метою Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні є створення передумов для післявоєнного відновлення економіки держави, насамперед безпеки й оборони, науки та освіти, забезпечення її стійкого розвитку на основі проривних технологій ШІ та відповідного покращення добробуту і якості життя населення. Реалізація зазначеної мети наблизить Україну до лідерських позицій у світі у сфері штучного інтелекту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- забезпечити організаційну та цільову фінансову підтримку наукових досліджень і стартапів у сфері ШІ, зокрема з залученням бізнесу;
- створити необхідний облік етичних, юридичних та соціальних наслідків використання технологій ШІ;
- створити механізми забезпечення етичного застосування ШІ;
- забезпечити безпеку та надійність систем ШІ;

- створити відповідні стандарти у сфері ШІ, зокрема стосовно систем вимірювання та оцінки якості технологій ШІ;
- забезпечити розробку та розвиток вітчизняного програмного забезпечення, яке використовує технології ШІ;
- підвищити доступність і якість даних, необхідних для розвитку технологій ШІ, з урахуванням норм і регламентів захисту даних;
- створити надійну комунікаційну інфраструктуру з використанням наявних обчислювальних потужностей;
- підвищити рівень забезпечення вітчизняного ринку технологій ШІ кваліфікованими кадрами;
- підвищити рівень інформованості населення про можливі сфери використання ШІ;
- забезпечити зростання попиту на продукти та послуги, створені та надані з використанням ШІ;
- створити комплексну систему регулювання суспільних відносин, які виникають у зв'язку з розвитком і використанням технологій ШІ.

Підготовка до виконання поставлених завдань потребує насамперед заходів, окреслених у Плані з реалізації Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні на 2021-2024 роки.

- Створити нормативно-правову базу України, яка забезпечить захист об'єктів права інтелектуальної власності, зберігання й передачу даних та інформації у сфері ШІ, отриманих при здійсненні економічної та наукової діяльності.
- Виокремити основні напрями фундаментальних, науково-прикладних і науково-експериментальних досліджень і впровадження наукових результатів у технології ШІ на державному рівні.
- Запропонувати базові організації та заклади, науково-технічний потенціал яких відповідає поставленим завданням.
- Визначити напрями підготовки спеціалізованих кадрів у сфері ШІ та оцінити їх необхідну кількість.
- Окреслити етапи та технологічну базу процесу впровадження технологій ШІ.
- Надати загальну оцінку необхідного обсягу фінансування процесу впровадження ШІ, в тому числі можливих інвестицій у галузь.
- Розробити державну цільову програму впровадження технологій ШІ в Україні.
- Стимулювати залучення інвестицій юридичних і фізичних осіб у розробку технологій ШІ.
- Виконувати міждисциплінарні дослідницькі проекти у сфері ШІ в різних галузях економіки.
- Проводити патентні дослідження і регулярно їх актуалізувати.
- Розвивати дослідницьку інфраструктуру і забезпечити доступ науковців (дослідників) до обчислювальних ресурсів, баз і наборів даних, зокрема

створити великі й репрезентативні загальнонаціональні корпуси текстів та аудіозаписів української мови.

- Створити моделі української мови для машинного навчання.
- Розвивати міжнародне співробітництво, включаючи приєднання до організацій та інституцій, які досліджують проблеми ШІ, обмін фахівцями, участь вітчизняних фахівців у міжнародних програмах і конференціях у сфері ШІ.

Розділ 4. СТАН РОЗВИТКУ СФЕРИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ

Як свідчить аналіз ринку праці в Україні та за її межами, штучний інтелект не став фактором зростання безробіття внаслідок звільнення мільйонів працівників через упровадження новітніх технологій, як прогнозували скептики. Навпаки, поширення ШІ сприяє створенню багатьох нових робочих місць і спеціальностей більш високої кваліфікації. Це явище особливо характерне для ринку праці у сфері інформаційних технологій.

Технологічний рівень вітчизняного виробництва комп'ютерної техніки та її елементної бази не дозволяє розглядати у найближчій перспективі можливості повноцінної конкуренції української продукції на ринку апаратних рішень технологій ШІ. Водночас наявний потенціал науковців та їхніх досягнень належним чином не задіяно. Зростає кількість науковців, які беруть участь у міжнародних проєктах, що свідчить про активне використання іншими державами нашого наукового потенціалу. Спільні міжнародні проєкти в Україні виникають переважно хаотично, без розгляду їх доцільності для держави й без належної координації з єдиного центру. Участь у таких проєктах, здебільшого дрібних, розпорошує зусилля науковців України й відволікає їх від постановки та розв'язання завдань державної ваги.

Нині застосування штучного інтелекту в Україні обмежується переважно організаціями-лідерами у сферах промисловості, інформаційно-комунікаційних та фінансових технологій, базуючись на закордонних розробках. Нерідко такі розробки створені в Україні, але права інтелектуальної власності на них належать іноземним компаніям. Із кожним роком зростає ринок програмного забезпечення для дослідження і розробки технологій ШІ, все більше постачальників пропонують різні рішення ШІ для бізнесу. В Україні наразі (за даними *LinkedIn*) нараховується понад 2000 інституцій та компаній-розробників програмного забезпечення, що спеціалізуються у сфері ШІ. Серед них загальноновизнані в усьому світі компанії *Grammarly*, *Reface*, *Ring Ukraine (SQUAD)*.

За даними Державної служби статистики України, надходження від експорту послуг у сфері телекомунікацій, комп'ютерних та інформаційних послуг (де в першу чергу застосовуються технології ШІ) сукупно сягають майже 30% експорту послуг у структурі зовнішньої торгівлі послугами, що значно перевищує імпорт.

Ураховуючи стрімку інтеграцію ШІ в інформаційні технології (ІТ), прогнозовано дефіцит фахівців цієї галузі. Значна частка фахівців ШІ задіяна у створенні продукції ІТ для замовників закордонного ринку, що гальмує можливості України зі створення власних високотехнологічних розробок.

Разом з тим, у наукових установах і закладах вищої освіти України створено наукові колективи, що проводять дослідження у сфері ШІ і отримали низку вагомих фундаментальних і прикладних науково-технічних результатів, зокрема в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, в Інституті проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, в Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України, в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», в Київському національному університеті будівництва та архітектури, в Національному авіаційному університеті, в Навчально-науковому комплексі "Інститут прикладного системного аналізу" Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", в Національному університеті охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, в Національному університеті «Львівська політехніка», в Харківському національному університеті радіоелектроніки, в Національному університеті «Запорізька політехніка», в Національному університеті «Одеська політехніка», в Чорноморському національному університеті імені П. Могили, в Національному університеті «Чернігівська політехніка», в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана та в інших закладах України. З кожним роком в Україні зростає спільнота розробників ШІ. Проводиться чимало конференцій, присвячених ШІ та машинному навчанню (*AI & Big Data Day, AI Ukraine*, Міжнародна конференція «Штучний інтелект та інтелектуальні системи» та багато інших).

Наразі у світі створено та впроваджено тільки **базові та фрагментарні розробки ШІ, і світова наука перебуває лише на порозі створення повноцінного штучного інтелекту, який має необхідні атрибути людського.** Україна відстає від провідних держав у темпах і обсягах **упровадження** таких розробок, але має необхідний потенціал фундаментальних напрацювань для здійснення прориву в створенні цілковито нових технологій світового рівня у сфері ШІ.

Водночас відсутність належного цільового фінансування й концептуального бачення розвитку сфери ШІ призводить до неефективного використання ресурсів, втрат кадрового потенціалу, зрештою до відтоку фахівців і перспективних учених, які виїжджають у країни з більш сприятливими умовами для наукових досліджень.

Розділ 5. СВІТОВІ СТАНДАРТИ У СФЕРІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

На сьогодні жодна держава у світі не спроможна ізольовано від інших працювати над створенням і впровадженням ШІ: лише міжнародне співробітництво провідних науковців світу здатне забезпечити просування капіталомістких високих технологій ШІ. Україна як частина європейської спільноти держав і член Спеціального комітету зі штучного інтелекту при Раді Європи має при цьому орієнтуватися перш за все на її стандарти, стандарти НАТО, ЄС та інших загальноєвропейських інституцій щодо ШІ.

Стратегія НАТО щодо штучного інтелекту, прийнята в жовтні 2021 року з метою прискорити впровадження ШІ, трактує ШІ як можливість досягнення технологічної переваги, але водночас і як джерело загроз, і ставить такі цілі:

- прискорення та активне просування впровадження ШІ;
- захист і моніторинг технологій ШІ та інноваційних можливостей з урахуванням міркувань політики безпеки, таких як практичне застосування принципів відповідального використання;
- виявлення та захист від загроз зловмисного використання ШІ.

Сформульовано такі принципи відповідального використання ШІ:

- *законність;*
- *відповідальність і підзвітність;*
- *пояснюваність і відстежуваність;*
- *надійність;*
- *керованість;*
- *зниження упередженості.*

У Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні враховані рекомендації Ради Європи з питань ШІ від 22 травня 2019 року (*OECD Legal Instruments*) встановлюють принципи діяльності з розвитку ШІ.

- **Інклюзивний ріст, стійкий розвиток і загальний добробут.** Будь-яка діяльність з розвитку ШІ має сприяти подоланню економічної, соціальної та інших видів нерівності, захисту навколишнього середовища, сталому розвитку та підвищенню добробуту і якості життя населення.
- **Людиноцентричні цінності та чесність.** Процес розвитку ШІ мусить забезпечувати верховенство права, демократичні цінності та права людини, в тому числі право на працю, захист приватної інформації, чесність, суспільну справедливість, а також надавати громадянам можливість отримувати знання й набувати навички для успішної адаптації до впровадження технологій ШІ.
- **Прозорість і зрозумілість.** Розробники ШІ мають бути відкритими та готовими пояснити зміст власних розробок, сприяти подоланню страхів людей стосовно нових технологій.
- **Безпека та надійність.** Системи ШІ мають бути безпечними та надійними протягом усього життєвого циклу. Особи та організації, що займаються розвитком ШІ, мають забезпечити надійний ризик-менеджмент і контроль кожного етапу життєвого циклу технологій ШІ, аналіз їхньої стабільності та

безпеки. Крім того, системи на базі ШІ не повинні мати можливостей зумисного заподіяння шкоди громадянам і юридичним особам. Усі ризики виникнення негативних наслідків використання технологій ШІ повинні бути мінімізовані.

- Звітність. Всі сторони, що беруть участь у розвитку технологій ШІ, повинні бути підзвітними суспільству, стосовно виконання зазначених принципів.
- Цілісність інноваційного циклу. Сторони мусять забезпечувати тісну взаємодію наукових досліджень і розробок в області ШІ з реальним сектором економіки.
- Технологічна незалежність. Держава повинна забезпечити необхідний рівень незалежності країни в сфері штучного інтелекту, зокрема за допомогою переважного використання національних технологій і технологічних рішень, розроблених на основі ШІ.

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні враховує результати Генеральної конференції ЮНЕСКО 21 листопада 2021 року. На цій конференції 193 країни, включаючи Україну, ухвалили глобальні етичні стандарти для штучного інтелекту, які виділяють чотири основні напрями регулювання поведінки ШІ:

- захист даних;
- соціальна оцінка та масове спостереження;
- контроль;
- захист навколишнього середовища.

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні узгоджується з ключовими положеннями Відповідальної стратегії штучного інтелекту Департаменту оборони США і шляхів її впровадження, прийнятої в червні 2022 року, зокрема враховує етичні принципи характеристик ШІ:

- *відповідальність* (англ. *responsibility*);
- *справедливість* (англ. *equitability*);
- *зрозумілість* (англ. *tractability*);
- *надійність* (англ. *reliability*);
- *керованість* (англ. *governability*).

Ці стандарти сприятимуть ефективному використанню переваг машинних алгоритмів і водночас допоможуть знизити ризики, пов'язані з прозорістю та конфіденційністю.

Розділ 6. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ

Успішна реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні потребує належного управління науковими й технічними процесами, пов'язаними з дослідженнями та впровадженням ШІ. Необхідно створити нормативно-правову базу щодо розвитку та впровадження штучного інтелекту, яка відповідає світовим стандартам, гармонізована з нормами країн, де

технології ШІ активно застосовуються та постійно розвиваються. До 2030 року повинна запрацювати гнучка система нормативно-правового та етичного регулювання в сфері ШІ, яка, зокрема, гарантуватиме безпеку населення і буде спрямована на стимулювання розвитку технологій і систем ШІ. Потрібно прийняти окремий закон «Про штучний інтелект», а також відповідні постанови органів виконавчої влади, підзаконні акти та інструкції, приєднатися до вже наявних міжнародних договорів і конвенцій, ініціювати скликання міжнародних конференцій *ad hoc* для вирішення питань кодифікації штучного інтелекту.

Виконавчий орган системи управління та регулювання ШІ в Україні повинен забезпечувати стійкий розвиток технологій ШІ, ефективний контроль над ними, а його діяльність має ґрунтуватися на базових етичних нормах і принципах:

- пріоритет добробуту людини (мета забезпечення добробуту людини повинна переважати над іншими цілями розробки та застосування систем ШІ);
- заборона на заподіяння шкоди з ініціативи систем ШІ (за загальним правилом, слід обмежувати розробку та застосування систем ШІ, здатних цілеспрямовано заподіювати будь-яку шкоду людині);
- підконтрольність людині (тією мірою, якою це можливо з урахуванням необхідного ступеня автономності систем ШІ);
- проектована відповідність законам (застосування систем ШІ не повинно свідомо для розробника призводити до порушення правових норм);
- проектована безпека даних (при розробці систем ШІ повинен забезпечуватися достатній рівень особистої та громадської безпеки).

Для реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні необхідно запровадити організаційні та фінансові механізми підтримки фундаментальних науково-дослідних та прикладних розробок і впровадження ШІ у виробництво товарів і надання послуг, зокрема створити **Комітет з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту** при Кабінеті Міністрів України.

Загальне керівництво щодо реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні повинен здійснювати Кабінет Міністрів України, а координацію – **Комітет з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту**.

Науково-технічний і науково-методичний супровід реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні має здійснювати **Науковий центр штучного інтелекту**, створений на базі Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України.

Розділ 7. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРІОРИТЕТНИХ СФЕРАХ РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

7.1. Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України

Пріоритетне місце в Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні займає напрям розробки та впровадження передових технологій ШІ у сферу безпеки та оборони з урахуванням положень Стратегії НАТО щодо штучного інтелекту,

Відповідальної стратегії штучного інтелекту Департаменту оборони США і шляхів її впровадження, Указу Президента України від 25 березня 2021 року за № 121 «Про Стратегію воєнної безпеки України» та Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України, зокрема в системі управління військами та логістики в мирний час і в період воєнного стану. Це дозволить уже в початковий період вирішити складні безпекові та оборонні завдання держави.

Реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні дозволить широко впровадити технології ШІ у сферу оборони і безпеки і стане каталізатором ефективного розвитку оборонно-промислового комплексу нашої держави.

Технології ШІ буде застосовано для підтримки прийняття рішень у процесі підготовки стратегічних операцій і тактичних бойових дій; у системах управління та керування високоточною та космічною зброєю, підводними, наземними та повітряними безпілотними апаратами, розвідувальними й ударними системами; для аналізу супутникових зображень і кіберзахисту; для автоматизації трудомістких операцій у будівництві військових інженерних споруд.

Необхідно враховувати виклики та загрози, пов'язані з руйнівними можливостями ШІ, що являє собою глобальну небезпеку. Важливим безпековим напрямом мають стати розробки систем ШІ для протидії високоінтелектуальній зброї противника, проведення досліджень з безпеки ШІ. Для цього буде створено відповідні науково-дослідні організації. Також необхідно розробити й впровадити нормативно-правові документи, які регулюють використання ШІ подвійного призначення.

Необхідно впроваджувати методи й технології ШІ у сферу кібербезпеки держави, щоб забезпечити своєчасне запобігання та ефективне стримування викликів і загроз, які виникають у кіберпросторі, забезпечити ефективну боротьбу з кіберзлочинністю та кібертероризмом, розвідувальну та контррозвідувальну діяльність відповідних державних служб.

Важливим напрямом упровадження ШІ в оборонній сфері є використання інтелектуальних мобільних систем з метою переваження ресурсів противника. Створення таких інтелектуальних мобільних систем відповідає світовим трендам, відомими під назвами «Мозаїчні війни» та «Багатодоменні операції». З урахуванням поширення та нарощування спроможностей космічної зброї виникає нагальна потреба впровадження методів і технологій ШІ у вітчизняній космічній індустрії. Створення окремими країнами космічних військ і розміщення в космічному просторі лазерної та іншої зброї потребує організації протидії та прийняття миттєвих рішень, в основі яких буде ШІ.

Актуальним є також упровадження штучного інтелекту в мобільні системи, зокрема в безпілотні літальні апарати, наземні та підводні роботи для боротьби з літальними апаратами, підводними й надводними човнами противника. Основними напрямками впровадження штучного інтелекту в мобільні системи, до яких належать і БПЛА, слід визнати машинне (зокрема глибоке) навчання, комп'ютерний зір і розпізнавання образів, аналіз великих даних, розпізнавання

мовлення, стійкі системи зв'язку, мультиагентні технології управління та організації роїв автономних роботів.

Науковцям необхідно у найкоротші терміни визначити підходи щодо застосування ШІ для здійснення моніторингу та опрацювання астрономічних даних військового призначення, створення інтелектуальних систем навігації та оборонних систем адекватного впливу на самокеровані космічні апарати, інтелектуальні системи автоматичного керування ракетами, розумні інтерфейси пілотованих космічних кораблів. Це допоможе Україні зберегти і зміцнити свій статус космічної держави.

7.2. Штучний інтелект у науковій діяльності та освіті

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає розвиток основних напрямів ШІ як самостійних наукових напрямів: нечіткі множини та нечітка логіка, штучні нейронні мережі, гібридні нейронечіткі та нечітко нейронні мережі, біоінспіровані метаевристичні алгоритми оптимізації (еволюційні та мультиагентні алгоритми, алгоритми, що імітують фізичні та інші процеси), біоінформатика, машинне навчання і под. Передбачено впровадження методів і технологій ШІ в інших сферах науки та освіти – зокрема, для оптимізації навчального процесу та профілювання учнів за здібностями – а також розвиток міждисциплінарних досліджень на перетині штучного інтелекту та інших галузей науки.

Планується впровадження навчальних дисциплін, які будуть вивчати ШІ на різних етапах освіти. Буде розширено, уніфіковано і систематизовано мережу навчальних центрів, спрямованих на підготовку висококваліфікованих кадрів для України у сфері штучного інтелекту.

Планується створення трансдисциплінарних кластерів щодо забезпечення моніторингових досліджень пізнавального й інтелектуального розвитку учнів, відповідності навчальних програм та змісту навчальних і методичних матеріалів викликам наукового та науково-технічного розвитку суспільства, якості змісту викладання основ наук.

Імплементация в навчальний процес інтелектуальних платформ трансдисциплінарної освіти, як організації інтегрованого використання в освіті описів образів картини світу на принципах забезпечення операціональності досліджень учнями та студентами навколишнього світу через функціональну взаємодію тематично різноманітних систем знань. Це забезпечить формування умов щодо змістовного наповнення освіти, як процесу прогресивних змін властивостей і якостей особистості, необхідною умовою якого є особливим чином організована її навчально-дослідницька діяльність.

Особливу увагу буде приділено розвитку базових цифрових навичок:

- аналіз даних із застосуванням програмного забезпечення;
- навички програмування;
- навички розробки, проектування та обслуговування технологій;

- знання та навички для моделювання, взаємодії та підвищення довіри до машинних агентів/роботів (комфортність співпраці «людина-машина»);
- загальні навички користування сучасною персональною комп'ютерною технікою;
- опрацювання та інтерпретація складної інформації;
- навички вирішення проблем у вибудованій завдяки цифровим технологіям співпраці в командах (міжкультурних або дистанційних).

7.3. Штучний інтелект у медицині

У медичній галузі передбачено виконання заходів, спрямованих на підвищення якості та тривалості життя громадян України, зокрема:

- створення за допомогою ШІ національної системи консультування жителів України за адресою проживання, що засноване на аналізі штучним інтелектом клінічних, генних і поведінкових даних;
- формування на основі технологій ШІ загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я, яка забезпечує зберігання, цільове використання та захист персоніфікованих даних щодо здоров'я громадян на місцевому, регіональному та національному рівнях;
- упровадження технологій ШІ при створенні прогресивних систем своєчасної цілодобової медичної діагностики (віртуальних консультантів, кібернетичних експертів тощо);
- створення за допомогою ШІ ситуаційного національного центру аналізу епідеміологічних ситуацій, застосування нейромережевих і нейронечітких технологій для їх моніторингу, моделювання та прогнозування;
- забезпечення когнітивної гармонізації в сімейній медицині (в системі «лікар – пацієнт»);
- диверсифікація медицини в контрольовану штучним інтелектом ширшу соціальну сферу, яка використовує всі форми даних про здоров'я, включаючи геноміку, метадані, електронні медичні картки та біометрію для забезпечення здоров'я населення;
- упровадження інструментів взаємодії з пацієнтами на основі ШІ (чат-боти, мобільні пристрої тощо);
- навчання пацієнтів щодо прийняття поінформованих рішень, самоконтролю стану здоров'я та профілактики за допомогою ШІ;
- пріоритезація (ранжування) груп пацієнтів за ризиками і ведення проактивного втручання за допомогою технологій ШІ;
- дослідження соціальних детермінант охорони здоров'я та управління здоров'ям населення за допомогою технологій ШІ.

7.4. Штучний інтелект у промисловості та енергетиці

У сфері промисловості та енергетики Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає:

- впровадження передових технологій ШІ для створення повністю автоматизованих промислових підприємств із практично безперервним режимом роботи;
- застосування ШІ в нечітких експертних системах і системах підтримки прийняття рішень для керування підприємством;
- застосування ШІ в нейроподібних і нейронечітких пристроях і підсистемах для керування вузлами та агрегатами підприємства на виконавчому рівні;
- застосування технологій ШІ для:
 - розв'язання завдань аналізу інформації, планування, прогнозування щодо створення стратегії енергобезпеки держави;
 - безперервного моніторингу критично важливих несправностей, розпізнавання дефектів, запобігання раптовому виходу обладнання з ладу шляхом діагностики в процесі експлуатації, предикативне технічне обслуговування й ремонт обладнання та прогнозування його ресурсу;
 - оптимізації режимів роботи обладнання і технологічних процесів;
 - гнучкого управління енергоспоживанням для підвищення енергоефективності;
 - планування поставок, виробничих процесів і прийняття фінансових рішень;
 - визначення технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу – зокрема тих, які не потребують значних інвестицій, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання технологій ШІ.

7.5. Штучний інтелект у телекомунікаційній галузі

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає такі заходи щодо впровадження ШІ в телекомунікаційній галузі:

- розвиток інфраструктури мобільного зв'язку з метою формування можливостей для появи та розвитку інновацій;
- упровадження ШІ у процес вирішення типових завдань для мобільних операторів (попередження відтоку абонентів, формування гнучких тарифних планів, виявлення шахрайських дій, пошук зловмисників тощо);
- створення і впровадження систем ШІ для геотаргетування, аналізу та виявлення закономірностей у певному цільовому сегменті, вироблення релевантних пропозицій новим клієнтам тощо).

Формування масиву знеособлених і усереднених геоданих користувачів мобільного зв'язку і розміщення цих даних у відкритому доступі може

сформувати в Україні принципово новий рівень надання різноманітних послуг і сервісів, побудованих на основі аналізу цих даних.

7.6. Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі

У сфері транспорту та інфраструктури передбачено такі заходи:

- впровадження передових технологій ШІ для створення автономних транспортних засобів, а також повністю автоматизованих об'єктів інфраструктури;
- проведення розробок у сфері керування автономними транспортними засобами;
- інтелектуальне керування дорожнім рухом;
- створення системи раннього попередження про необхідність заміни та ремонту інфраструктури;
- прогнозування подорожей;
- оптимізацію транспортних маршрутів.

7.7. Штучний інтелект у сільському господарстві

У сільському господарстві передбачено впровадження передових технологій ШІ при створенні системи підтримки прийняття рішень і систем керування об'єктами сільського господарства (включаючи розумні садиби) та їх контролю. Зокрема, планується робити автоматизований аналіз даних посівів зернових культур за аеро- та космічними знімками, впроваджувати ШІ у садівництві для боротьби з хворобами рослин і шкідниками тощо. Агропромислові дрони допомагатимуть визначати точні площі культур, здійснювати аудит та інвентаризацію земельних ділянок, визначати наявність дефектів у посівах, проводити аналіз урожайності посівів, здійснювати моніторинг і контроль систем меліорації.

7.8. Штучний інтелект в екології

У сфері екології Стратегія передбачає реалізацію таких завдань.

1. Розробка ситуаційних центрів на основі моделі геоінформаційної системи з використанням технопарку робототехнічних систем з елементами ШІ, що реалізує зв'язок безпілотного транспорту подвійного призначення з базою. Це сприяє скороченню затрат на оцінювання наслідків техногенних, природних або пов'язаних з бойовими діями руйнувань інфраструктури або змін природного середовища і дозволяє виключити участь людини-експерта у моніторингу руйнувань, оскільки доступ людей у небезпечні зони пов'язаний з ризиком для життя або принципово неможливий.
2. Розробка та застосування робототехнічних систем з елементами ШІ для прийняття оптимальних рішень з раціонального природокористування та

проведення без безпосередньої участі людини робіт з відновлення земельних та водних ресурсів (рекультивация пошкоджених унаслідок бойових дій або виснажених унаслідок людської діяльності земель, нейтралізація забруднення акваторії водоймищ нафтопродуктами та хімічними викидами).

3. Для забезпечення оптимального функціонування створюваних складних об'єктів нової техніки та інформаційних систем актуальною є розробка принципів і методів побудови апаратних комплексів з елементами ШІ з урахуванням специфіки військового та післявійськового стану.

Розділ 8. НАУКОВЕ, КАДРОВЕ ТА МАТЕРІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні потребує системного підходу до реалізації її завдань, що включає належне наукове, кадрове та матеріальне забезпечення її виконання. Для цього потрібна державна підтримка, а також широке залучення коштів приватного сектору й венчурного капіталу.

Стратегія передбачає використовувати відомий «безперервний ланцюг» проведення й комерціалізації наукових досліджень. Його схема має такий вигляд: маркетингові дослідження наявності проривних технологій і результатів наукомістких досліджень у державі, визначення потенційного ринку збуту кінцевого наукомісткого продукту зі штучним інтелектом ↔ визначення й аналіз кадрового потенціалу та фінансових потоків для розв'язання поставлених завдань ↔ визначення об'єкта для проведення фундаментальних досліджень ↔ проведення фундаментальних досліджень ↔ проведення прикладних досліджень ↔ проведення експериментальних досліджень ↔ упровадження створених і наявних нових технологій для різних індустрій ↔ відтворення виробництва ↔ створення готової продукції ↔ ринок.

Основи теорії ШІ доцільно запровадити як окрему навчальну дисципліну в середній та вищій школі. При цьому основну увагу слід зосередити на втіленні наочних, інтерактивних програмних засобів побудови і глибокого навчання штучних нейронних мереж, засвоєнні технологій опрацювання природної мови та комп'ютерного зору.

До 2030 року в Україні будуть реалізовані освітні програми світового рівня для підготовки висококваліфікованих фахівців і керівників у сфері штучного інтелекту. Українські освітні організації повинні займати провідні позиції в світі за окремими напрямками в цій сфері. Дефіцит фахівців цієї галузі потрібно усунути, в тому числі за рахунок залучення провідних іноземних фахівців, які мають учений ступінь.

Фінансування наукових досліджень буде здійснюватися за рахунок Державного бюджету і надходжень від приватного сектору. На фундаментальні наукові дослідження вже передбачено бюджетні кошти, які держава щороку виділяє МОН України і НАН України для виконання наукових проєктів, що пройшли конкурсний відбір. Крім того, буде можливість узяти участь у

конкурсах пріоритетних прикладних проєктів, для яких передбачено виконання завдань саме приватного сектору з упровадженням результатів як готового продукту і використанням створених об'єктів інтелектуальної власності за ліцензією або на умовах продажу.

Розділ 9. ПРОГНОЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ

Розвиток ШІ в Україні істотно вплине на ринок праці в майбутньому. Відсоток робочих місць буде змінено під впливом цифрових трансформацій (від 10% до 40% за прогнозом низки країн ЄС), а певна кількість наявних на сьогодні професій зазнає серйозних змін. Крім того, розвиток і широке впровадження технологій ШІ призведе до появи багатьох нових робочих місць, деяким співробітникам доведеться змінити роботу або офіційні стосунки з роботодавцями та частіше оновлювати свої навички.

Таким чином, можливості підвищення кваліфікації та перекваліфікації як на робочому місці, так і за допомогою навчальних програм ставатимуть дедалі важливішими.

Прогнозоване збільшення компонентів ШІ у виробничих процесах спричинить зменшення кількості працівників, які виконують небезпечну, шкідливу та стресову роботу, що призведе до зниження кількості нещасних випадків і негативного впливу на здоров'я, а отже підвищить **безпеку експлуатації**. Широкі можливості використання ШІ для розвідки корисних копалин повинні позитивно вплинути на динаміку зниження травматизму.

Система автономного громадського транспорту є перспективним напрямом еволюції муніципальних перевезень, оскільки транспортні засоби зі ШІ потенційно набагато менш шкідливі для довкілля. Оптимізація маршрутів та інтервалу руху повинна призвести до зменшення споживання пального та зниження рівня викидів парникових газів.

Для поточної оцінки ефективності реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні Комітет з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту розробить кількісні та якісні індикатори, які визначатимуть прогрес у пріоритетних сферах розвитку України та ріст добробуту і якості життя її громадян.

У сфері економічного розвитку оцінка ефективності повинна базуватися на кількості виробленої продукції за допомогою технологій ШІ, кількості видатків на впровадження технологій ШІ у виробництво та якісних характеристиках продукції відповідно до світових стандартів і пропозицій, обсягу надходжень від експорту послуг із використанням технологій ШІ та кількості наданих послуг.

Розділ 10. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні розрахована на період 2023–2030, і її реалізація буде здійснюватись у два етапи:

- I етап – 2023–2025 рр.;
- II етап – 2026–2030.

Основним механізмом реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні є щорічні плани заходів, розроблені Комітетом з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту і затверджені Кабінетом Міністрів України.

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні ґрунтується на Конституції України, а також на положеннях Законів України «Про національну безпеку України», «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про вищу освіту», «Про авторське право і суміжні права», «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», «Про охорону прав на промислові зразки» та Указу Президента України від 14 вересня 2020 року № 392 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України».

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні є основою для підготовки державних програм і підставою для вироблення нормативно-правових актів, які стосуються розвитку ШІ в Україні.

I. STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

INTRODUCTION

Scientific project «The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine» is a state-level document of national importance, which identifies research priority areas (basic research, applied research, and experimental study), sets tasks and methods for the adoption of national and global AI-based technologies for the benefit of the national security and defense, as well as socio-economic development of Ukraine.

Artificial intelligence is one of the most important technologies in this day and age. More than fifty developed countries as well as the North Atlantic Treaty Organization (NATO) have already created and adopted national strategies for the development of artificial intelligence in order to set tasks and priorities in the area, to accelerate socio-economic development, and to speed up scientific and technological progress.

Under such conditions, Ukraine, possessing sufficient scientific potential, is obliged to define the range of current tasks for the development of AI, as well as to formulate laws and regulations for its use. However, despite the dissemination of information about AI partial application of its elements in some areas, **AI as a knowledge-producing and decision-making system is not completely developed.** The study of common AI challenges is done mainly in applied and commercial spheres, without the evaluation of risks associated with AI, and with no future forecast.

This Strategy was created on the basis of a comprehensive analysis of state policy in priority areas of social development, nature of AI technology applications, and the existing scientific and technical potential. The information obtained from a considerable number of agencies and institutions involved with defense and security, science, education, marketing, and logistics demonstrates that further development of enumerated sectors will not be effective without the introduction of artificial intelligence systems. As evidenced by analysis of modern results of fundamental, applied, and experimental AI-related research, there are realistic opportunities to create AI-based breakthrough technologies.

The Strategy is based on the provisions from the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine [Concept 2020] (hereinafter - the Concept) drawn up by the Ministry of Digital Transformation of Ukraine and approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1556-p dated 02.12.2020, serves as its development and the main mechanism of implementation.

Adoption of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is meant to solve a civilizational task of securing our country's leading position in AI sphere and AI ecosystem creation process. The Strategy not only determines the ways to avoid technological dependence in the field of AI, but also aims to become a significant factor in the comprehensive promotion of its economic, technological and political development.

The threats associated with fulfilment of the tasks are in fact the threats associated with possible loss of control over AI systems, which may violate the requirements of confidentiality and lawful use of AI.

Section 1. PARADIGM

The world is in the middle of a technological revolution, which pervades economic and social spheres by integrating above mentioned technologies. A new type of society is in the process of its establishment (Society 5.0), its chains of production, logistics, and social infrastructure will be based on artificial intelligence. Intelligent technology availability as well as the intensity and effectiveness of its adoption will be a criterion for evaluating the level of national economy development. Therefore, the attractiveness of countries and regions, the concentration of skilled workforce, high-tech enterprises, material and financial resources, educational institutions, infrastructure, and cultural heritage will depend on the level of AI adoption.

Many countries aim to develop and adopt artificial intelligence. The plans, concepts, and strategies often highlight healthcare, technology, agriculture, and manufacturing as high-potential sectors for transformation by means of artificial intelligence. Governments comprehend the significant potential of this technology for retaining their positions and for the possible building of competitive advantage in main manufacturing industries.

Risk assessment concepts are being introduced. Particular attention is paid to the development of the legal framework for AI systems, the study of algorithms impacting social inequality, and the necessity to increase transparency associated with AI systems.

Previously mentioned strategies share a common attribute, which is compliance with data confidentiality regulations, regarding AI system design, its launch, and further application. Governments are aware of their crucial role in building tools for data exchange between the government and stakeholders for the acceleration of AI innovation.

For all the similarity of general tasks, principles, and methods of achieving similar goals, foreign approaches cannot be effectively implemented in Ukraine. The specifics of the current state and the unique conditions of our country determine the formation of alternative ways of AI development, taking into account the key world practices.

Section 2. BASIC AI CONCEPTS AND RESEARCH DIRECTIONS

2.1. Basic Concepts and Definitions

Definitions used in the project accord with provisions from the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine introduced by the Ministry of Digital Transformation and approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine [Concept 2020]. Nevertheless, the Strategy is the next step in implementation of the tasks formulated in the Concept, and it involves a deeper understanding of the

meaning of “artificial intelligence” concept, which is based on the principles and mechanisms of the human brain, in particular, consciousness and conscience.

The term “artificial consciousness” was introduced in 1992 [Aleksander 1992]. Subsequently, the problem of artificial consciousness was studied by foreign specialists John Kihlstrom, Anil Seth, Stanislas Dehaene, Michael Graziano, Taylor Webb et al. [Kihlstrom 1997; Seth, Baars, and Edelman 2005; Dehaene, Lau, and Kouider 2017; Graziano 2017; Graziano and Webb 2017]. Ukrainian scientists addressed this problem in 2002 when Anatolii Shevchenko presented a report at the International Conference “Artificial Intelligence” on approaches to the problem of artificial intelligence and artificial consciousness modeling [Shevchenko 2002].

The Ukrainian scientific school of artificial intelligence considers human consciousness to be a fundamental socio-cognitive system, a product of brain activity, which has the abilities to perceive and recognize information, construct and systematize knowledge, learn, make independent motivated decisions determined by tasks and conditions, taking laws and rules of the society into consideration. Human personality is determined by consciousness.

The concept of artificial consciousness presupposes the existence of artificial conscience as a mechanism for ensuring the ethics of AI solutions. This issue received positive feedback at the meeting of the Group of Governmental Experts on Lethal Autonomous Weapons Systems (GGE on LAWS) of the United Nations Office for Disarmament Affairs convened on 27 June 2022.

Qualitative assessment of conscious human actions correlates with the intelligence quotient, which is a quantitative measure of intelligence. Apparently, the figure itself cannot be the object of scientific research. **Therefore, creation of an electronic system that forms artificial consciousness as a model of the functional apparatus of human consciousness is deemed a primary task in the artificial intelligence implementation process. In the same way, artificial consciousness of the machine is proposed to be a research object.**

Human intelligence is taken as a prototype of artificial intelligence. The analysis of more than 50 currently available definitions of artificial intelligence reveals that, unfortunately, all these definitions are based only on the functions of artificial intelligence, and none of them regards AI as an object of research. Let us analyze some definitions of artificial intelligence that perfectly reflect the up-to-date vision of this concept.

The Encyclopaedia Britannica defines artificial intelligence as “the ability of a digital computer or computer-controlled robot to perform tasks commonly associated with intelligent beings.”⁵

The international standard ISO/IEC TR 24028:2020 considers artificial intelligence as “a capability of an engineered system to acquire, process, and apply knowledge and skills.”⁶

⁵ <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>.

⁶ ISO/IEC TR 24028:2020 Information technology - Artificial intelligence - Overview of trustworthiness in artificial intelligence. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:tr:24028:ed-1:v1:en>.

The Collins Dictionary defines artificial intelligence as “a type of computer technology which is concerned with making machines work in an intelligent way, similar to the way that the human mind works.”⁷

The Oxford dictionary defines artificial intelligence as “the capacity of computers or other machines to exhibit or simulate intelligent behavior; the field of study concerned with this.”⁸

Evidently, all these definitions tend to compare artificial intelligence to human intelligence, but they do not always correctly describe the generic concept. They are actually limited to enumerating certain characteristics of AI as a “black box” without specifying what is inside. But it is not always possible to determine the research object by its characteristics. Therefore, AI must be defined as an **object of scientific research**, that is, as an element of material reality.

From the technological perspective, human intelligence and artificial intelligence should be defined as follows:

- **human intelligence is a function of human consciousness, which is represented by a system of algorithms, capable of self-learning in accordance with the available information, acquired knowledge, rules, laws of society and its own experience; capable of solving problems on this basis, conducting self-diagnosis, and rationalizing the decisions made;**
- **artificial intelligence is a function of artificial consciousness, which is represented by the system of algorithms created and controlled by it, capable of self-learning in accordance with the available information, acquired knowledge, rules, laws of society and its experience; capable of generating new knowledge on this basis in order to perform tasks given by humans, conducting self-diagnosis, and rationalizing the decisions made.**

Thus, artificial intelligence is implemented as a set of functions of a semi-structured non-formalized system that determine its purpose of activity and the possibility of decision-making, mechanisms of learning and self-learning, mastering knowledge about knowledge, self-awareness, etc. From now on, regarding the definition of “Artificial Intelligence”, along with other characteristics, we will assume that it is conscious, reasonable, and makes decisions taking into account ethical, moral and legal norms.

Artificial consciousness manifests itself as a global self-organized information product, which evaluates and controls core processes of the computer system, transfers data between components inside a system to coordinate its parts, and provides for social, personal perception of reality.

From the technological perspective, **artificial consciousness** is an emergent algorithm for the information processes control and computer system components integration with the prohibition on putting certain decisions of the system into action.

⁷ <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/artificial-intelligence>.

⁸ <https://www.oed.com/viewdictionaryentry/Entry/271625>.

It is a self-aware algorithm, which possesses knowledge of the environment, can train itself, and make independent knowledge-based decisions conforming to the legislation and society rules. It conditions internal integration and external separation of the system. That interpretation of the artificial consciousness correlates with NATO's Principles of Responsible Use for AI laid out in the Artificial Intelligence Strategy, in particular the ability to deactivate systems, when such systems demonstrate unintended behavior.

2.2. Main Directions of AI Research

The conclusions based on the AI research analysis are as follows.

Fundamental research. Available scientific studies and papers outline the most promising area of fundamental research in Ukraine, particularly in AI sphere. It is necessary to create a high-tech product in the field of informatics and artificial intelligence in Ukraine, which will replace the current computer systems. It is the most promising direction for the implementation of the results of fundamental research, and it also corresponds to the to the insight into AI offered in NATO's Artificial Intelligence Strategy, which describes AI as a basic tool offering unique opportunity to attain technological supremacy.

These studies provide the solution to the strategic task of creating a **breakthrough technology**, in particular, **a competitive computing machine of the new generation, created on the basis of traditional technologies and the technologies of quantum computing.** The basic model of the machine (computer, artificial personality) must contain an essential intelligent unit – artificial consciousness – and be characterized by a sufficient level of artificial intelligence, which will provide for its versatile application.

This direction involves the unification of scientific schools of related fields, as well as science and business. Furthermore, it is necessary to efficiently use the intellectual resources of the country geared toward putting global scientific and technological projects into action with the aim of creating breakthrough technologies in the field of AI (quantum and neuro computers, machine learning systems, etc.).

Knowledge of functional, psychological, neurobiological, and chemical aspects of the human brain should be used as a basis for quantum computing and an algorithm for building a universal computing machine with artificial intelligence as a tool for obtaining new knowledge. As one of the possible ways, it is necessary to use the available functional schemes of the human brain, in particular, the functional scheme of the formation of human intelligence.

The primary prerequisite for such a machine to operate is regard to the laws of natural sciences, moral, ethical, and legal norms adopted by the international community and by every specific state. This approach will ensure optimal decision-making for the good of a particular user and humanity as a whole.

Applied and experimental scientific research. To create modern foreign breakthrough technologies and products in the field of AI, there has always been a concentration of teams of scientists and businesses, and a scheme of rapid

implementation of scientific results into production with access to the international market was used.

In this regard, the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine provides for the creation of mechanisms for the introduction of domestic applied and experimental developments to create breakthrough technologies and introduce the latest advancements and AI-powered systems into the main sectors of the country (security, defense, government activities, space exploration, science, education, law, healthcare, industry, telecommunications, agriculture, etc.). An important step in the right direction is the implementation of the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine.

Section 3. AIMS AND OBJECTIVES OF THE STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

The purpose of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is to create preconditions for the post-war economic recovery, primarily in security and defense, science and education sectors, ensuring its sustainable development based on breakthrough AI technologies, and concomitant improvement of the well-being and quality of life of the people. Achieving this goal will bring Ukraine one step closer to being among the world's leaders in AI.

To this end, the following tasks must be completed:

- to provide organizational and targeted financial support for scientific research and start-ups in the field of AI, in particular with the involvement of business;
- to keep a record of ethical, legal, and social consequences of using AI technologies;
- to create mechanisms for ensuring the ethical use of AI;
- to ensure the safety and reliability of AI systems;
- to create appropriate standards in the field of AI, in particular regarding systems for measuring and evaluating the quality of AI technologies;
- to ensure the development of domestic AI-based software;
- to increase the availability and quality of data necessary for the development of AI technologies in accordance with data protection regulations;
- to create a reliable communication infrastructure using available computing capacity;
- to increase the number of qualified workers at the national AI market;
- to raise public awareness on possible areas of AI application;
- to boost the demand for AI-powered products and services;
- to establish a thorough framework for regulating social relations brought about by the advancement and use of AI technologies.

The steps described in the implementation plan of the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine for 2021–2024 must first be taken in order to prepare for the execution of the tasks [Concept 2020]:

- to create a legal framework for protecting intellectual property, storing and transferring AI data and information obtained from economic and scientific activities;
- to underline the main directions of fundamental, applied and scientific-experimental research and implementation of scientific findings, and the main stages of AI adoption at the state level;
- to establish organizations and institutions with scientific and technical potential corresponding to the tasks;
- to provide workforce training and to determine the required number of workers;
- to outline the stages and technological basis of AI technologies adoption process;
- to calculate the amount of funding required for the AI implementation process, including potential investments in the sector;
- to launch a state program for the implementation of AI technologies in Ukraine;
- to stimulate the attraction of investments by legal entities and individuals in the development of AI technologies;
- to launch interdisciplinary AI research projects in various sectors of the economy;
- to perform and regularly update licensed research.
- to develop research infrastructure and provide access to computing resources, databases and datasets; to create national databases to store text and audio files in Ukrainian language;
- to stimulate international cooperation and the exchange of professionals, to encourage the participation of Ukrainian specialists in international AI programs and conferences.

Section 4. CURRENT STATE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UKRAINE

In light of research on the labor markets in both Ukraine and other countries, artificial intelligence has not contributed to the rise in unemployment brought on by the dismissal of millions of workers due to the adoption of cutting-edge technologies, as it was predicted by skeptics. On the contrary, the growth of AI contributes to the creation of new jobs and specialties of higher qualification. The information technology labor market is particularly characterized by this phenomenon.

Ukraine will not be able to compete fairly on the market for AI hardware solutions in the near future, since the technological level of domestic production of computer hardware and electronic components is quite low. Nevertheless, the potential of scientists and their accomplishments are not used to the fullest extent possible. The growing number of scientists working on foreign projects clearly demonstrates that other countries make use of scientific potential of Ukraine. In Ukraine, joint international initiatives are being pursued spontaneously, with no regard to their efficiency for the state, and without proper coordination from a single center. Participation in these projects, typically small ones, disperses Ukrainian

scientists' efforts and keeps them from identifying and resolving pressing national issues.

Currently, the use of artificial intelligence in Ukraine is limited mainly to leading organizations in the fields of manufacturing, information and communication technology, and financial technology, based on foreign advancements. In many instances, these developments are created in Ukraine, however, intellectual property rights belong to foreign companies. The AI R&D software market is growing rapidly, and increasing number of suppliers offers various AI solutions for businesses. According to LinkedIn research, there are currently more than 2,000 institutions and software development companies specializing in AI in Ukraine. Widely recognized companies Grammarly, Reface, Ring Ukraine (SQUAD) are on the list.

State Statistics Service of Ukraine reports that revenues from the export of services in the fields of telecommunications, computer, and information services (where AI technologies are largely used) account for up to 30% of all services exports in the structure of international trade in services, far outpacing imports.

Given the growing integration of AI into information technology (IT), industry experts shortage is anticipated. The potential of Ukraine to produce its own high-tech products is hampered by the substantial number of AI specialists engaged in the development of IT products for foreign consumers.

A number of significant fundamental and practical scientific and technical discoveries have been obtained in the field of AI as a result of the creation of scientific teams at the research establishments and higher education institutions, in particular, at the V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Taras Shevchenko National University of Kyiv, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv National University of Construction and Architecture, National Aviation University, Educational and Research Complex "Institute for Applied Systems Analysis" of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Lviv Polytechnic National University, Kharkiv National University of Radioelectronics, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Odessa Polytechnic National University, Petro Mohyla Black Sea National University, Chernihiv Polytechnic National University, Kyiv National Economic University, and other institutions of Ukraine. Ukrainian AI community is constantly growing. The conferences dedicated to AI and machine learning are frequently convened (AI&Big Data Day, AI Ukraine, International Conference "Artificial Intelligence and Intelligent Systems", etc).

Nowadays, only **fragmentary AI developments have been created and applied worldwide, and global science is moving towards the creation of a fully-developed AI possessing cognitive abilities of the human brain.** Ukraine remains

far behind the leading countries in terms of pace and number of **introduced** AI innovations. However, Ukraine has the potential to make a breakthrough in the development of entirely new, top-tier AI technology.

Meanwhile, the lack of targeted funding and a conceptual vision of the development of the field of AI leads to inefficient use of resources, loss of workforce potential, and ultimately to the outflow of specialists and promising scientists, who emigrate to the countries with more favorable conditions for the scientific research.

Section 5. GLOBAL AI STANDARDS

Nowadays, no state can operate in isolation from other countries as to the creation and implementation of AI: only international cooperation of scientists will foster the promotion of high-tech AI technologies. Ukraine being a part of the European community and a member of the Committee on Artificial Intelligence of the Council of Europe should focus primarily on the standards of NATO, the EU, the Council of Europe and other European AI institutions.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine has been drawn up with global AI standards addressed and applied.

NATO's Artificial Intelligence Strategy adopted in October 2021 to accelerate the implementation of AI, views AI as the opportunity to achieve technological superiority, but at the same time as a source of threats, and aims to:

- to accelerate and mainstream AI adoption;
- to protect and monitor AI technologies and ability to innovate, addressing security policy considerations such as the operationalization of Principles of Responsible Use;
- to identify and safeguard against the threats from malicious use of AI [Stanley-Lockman and Christie 2021].

Allied governments have committed to Principles of Responsible Use as a key component of NATO's AI Strategy:

- *lawfulness*;
- *responsibility and accountability*;
- *explainability and traceability*;
- *reliability*;
- *governability*;
- *bias mitigation*.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine addresses OECD Principles on Artificial Intelligence (*OECD Legal Instruments*) adopted in May 2019 that promote the principles of further AI development.

- *Inclusive growth, sustainable development and well-being*. AI actors should reduce economic, social, gender and other inequalities, and protect natural environments, thus invigorating inclusive growth, sustainable development and well-being.
- *Human-centred values and fairness*. AI actors should respect the rule of law, human rights and democratic values, including freedom, dignity and autonomy,

privacy and data protection, non-discrimination and equality, diversity, fairness, social justice, and internationally recognized labor rights.

- *Transparency and explainability.* AI actors should commit to transparency and responsible disclosure regarding AI systems.
- *Robustness, security and safety.* AI systems should be robust, secure and safe throughout their entire lifecycle. AI actors should ensure traceability, including in relation to datasets, processes and decisions made during the AI system lifecycle, to enable analysis of the AI system's outcomes and responses to inquiry, appropriate to the context and consistent with the state of art. AI systems should not pose safety risks. AI actors can employ a risk management approach to identify and protect against foreseeable misuse, as well as against risks associated with use of AI systems.
- *Accountability.* AI actors should be accountable for the proper functioning of AI systems and for the respect of the above principles, based on their roles, the context, and consistent with the state of art.
- *Innovation cycle integration.* AI actors should integrate AI research and development into the sector of economy.
- *Technological independence.* Government should foster AI independence of the country, in particular through the predominant use of AI-based national technologies and solutions.
- The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine refers to the findings of UNESCO General Conference which took place on November 21, 2021. At the conference, 193 Member States, including Ukraine, adopted global ethical standards for artificial intelligence addressing four main domains of AI regulation:
 - data protection;
 - social scoring and mass surveillance;
 - human control;
 - environment.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine accords with the key provisions of the U.S. Department of Defense Responsible Artificial Intelligence Strategy and Implementation Pathway adopted in June 2022, in particular, it commits to the ethical principles of AI:

- *responsibility;*
- *equitability;*
- *tractability;*
- *reliability;*
- *governability.*

These standards will facilitate the effective use of machine algorithms while helping to reduce risks related to transparency and privacy.

Section 6. REGULATORY FRAMEWORK FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE

Successful adoption of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine calls for the proper management of scientific and technical processes related to AI research and implementation. It is essential to create a regulatory framework for the development and adoption of artificial intelligence that meets international standards, as well as NATO's standards, and coordinates with the laws of the countries driving the development and use of AI. By 2030, a flexible system of normative, legal, and ethical regulation in the field of AI should be adopted, which, in particular, will guarantee the safety of people and will be aimed at stimulating the development of AI technologies and systems. It is necessary to adopt a separate law "On artificial intelligence", as well as relevant resolutions of executive authorities, by-laws, and instructions, to join already existing international treaties and conventions, to initiate the convening of international *ad hoc* conferences to resolve issues of AI codification.

The Ukrainian executive body for AI management and regulation based on ethical norms and principles should ensure the effective control and sustainable development of AI technologies:

- Prioritization of well-being (the objective of well-being enhancement should prevail over other goals of the development and application of AI systems);
- Mitigation of adverse AI system behavior (the development and use of AI systems capable of causing deliberate harm to human should be limited);
- Human-controlled systems (to the extent possible with regards to the required autonomy of AI systems);
- Compliance with law (the use of AI systems should not violate laws);
- Data security (personal and public data safety should be ensured).

In order to adopt the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine, it is necessary to introduce organizational and financial mechanisms to support fundamental research and applied developments as well as the introduction of AI in the production of goods and services, in particular, to establish **the Committee on Artificial Intelligence Development and Implementation** of the Cabinet of Ministers of Ukraine.

The Cabinet of Ministers of Ukraine should supervise the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine implementation process. **The Committee on Artificial Intelligence Development and Implementation should coordinate the process.**

Scientific-technical and scientific-methodological support for the implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine should be carried out by the **Scientific Center for Artificial Intelligence**, established on the basis of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine.

Section 7. ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION IN PRIORITY AREAS

7.1. Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine

The core task of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is the introduction of advanced AI technologies in the defense sector with regard to NATO's Artificial Intelligence Strategy, the corresponding U.S. Department of Defense Responsible Artificial Intelligence Strategy and Implementation Pathway, the Decree of the President of Ukraine dated March 25, 2021 No. 121 "On the Military Security Strategy of Ukraine" and the Strategy for the Development of the Defense and Industrial Complex of Ukraine, in particular in the system of military management and logistics both in peacetime and in times of war. It provides an opportunity to solve complex security and defense tasks.

The approval of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine will prompt AI technologies adoption in the defense sector and will be a catalyst of the effective development of the military-industrial complex.

AI technologies will be used to support decision-making in the process of preparing strategic operations and tactical combat operations. These technologies will be used in control systems for space weapons; air, aquatic, and ground vehicles; recognition systems; for analysis of satellite images and cyber defense; for the automation of labor-intensive operations in the construction of military engineering facilities.

Challenges and threats associated with the disruptive capabilities of AI, which is a global danger, must be considered. The development of AI-powered systems to counter highly intelligent enemy weapons and the research on AI security should be an important defense domain. To this end, it is essential to found relevant research establishments. It is also necessary to develop and implement regulatory documents, which would govern the utilization of dual-use AI.

It is necessary to introduce AI methods and technologies in the field of cybersecurity in order to ensure prevention and effective RESTRAINT of challenges and threats arising in cyberspace, to ensure an effective COMBAT against cybercrime and cyberterrorism, to ensure the intelligence and counterintelligence of the relevant agencies.

The use of intelligent mobile systems to overload its resources is an essential step to AI implementation. The creation of intelligent mobile systems corresponds to global trends such as mosaic wars and multi-domain operations. Considering the space weapons proliferation and advancement, it is urgent to introduce AI methods and technologies in the national space industry. The establishment of space forces and the deployment of laser weapons in space inevitably call for counteraction and AI-based instant decision-making.

The introduction of artificial intelligence in mobile systems, namely unmanned aerial vehicles, ground and underwater robots to combat hostile aircrafts, submarines and boats is a pressing challenge. Machine (in particular, deep) learning, computer

vision and pattern recognition, big data analysis, speech recognition, sustainable communication systems, multi-agent autonomous robot swarms control technology are the principal technologies to incorporate into mobile systems, which include UAV swarms of autonomous robots.

Scientists have to form conceptual approaches and effective solutions for the use of AI in order to monitor and process astronomical data, create intelligent navigation systems and uncrewed spacecraft defense systems, autonomous space probes, intelligent automatic missile control systems, smart interfaces of manned spacecraft. It will maintain and strengthen Ukraine's status as a space nation.

7.2. Artificial Intelligence in Science and Education

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine implies the development of AI technologies as separate scientific areas: fuzzy sets and fuzzy logic, artificial neural network, hybrid neuro-fuzzy and fuzzy neural networks, bioinspired metaheuristic optimization algorithms (evolutionary and multiagent algorithms, algorithms that mimic physical and other processes), bioinformatics, machine learning, etc. It provides for the introduction of AI methods and technologies in other areas of science and education (in particular, to optimize the educational process and profiling of students according to abilities) as well as the development of interdisciplinary research at the intersection of artificial intelligence and other branches of science.

It is planned to introduce educational disciplines for studying AI at various stages of education. The network of training centers aimed at training highly qualified workforce for Ukraine in the field of artificial intelligence will be expanded, unified and systematized.

It is planned to create transdisciplinary clusters to ensure monitoring studies of students' cognitive and intellectual development, compliance of educational programs and the content of educational and methodical materials with the challenges of scientific and technological development of society, quality of the curriculum which involves the basics of sciences.

The incorporation of intelligent platforms for transdisciplinary learning into the educational process, as an integrated use of description of images and perceptions of the world based on the principles of operability of students' world exploration through the functional interaction of various knowledge systems. It will ensure the formation of conditions for the saturation of education with senseful content, as a process of progressive changes in the attributes and qualities of the individual, the precondition of which is educational and research activities organized in a specific manner.

Particular attention should be paid to the development of basic digital skills:

- data analysis using software;
- programming skills;
- skills in technology development, design and maintenance;

- knowledge and skills for modeling, interacting and increasing trust in machine agents/robots (human-machine interaction);
- basic computer skills;
- processing and interpretation of complex information;
- problem-solving skills in teams formed due to digital technologies.

7.3. Artificial Intelligence in Medicine

As for healthcare, the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine provides measures aimed at improving standards of living and increasing life expectancy, namely:

- development of AI-powered national medical consultation system based on the AI analysis of health records, genetic and behavioral data;
- formation of AI-powered national electronic healthcare platform, which ensures the storage, targeted use and protection of health data at the local, regional and national levels;
- development of advanced 24/7 medical diagnosis systems (virtual consultants, cyber experts, etc.);
- establishment of situational national center for epidemiologic research; utilization of neural network and neuro-fuzzy technologies for epidemic monitoring, modeling and forecasting;
- ensuring cognitive harmonization in family medicine (doctor - patient system);
- diversification of medicine into an AI-controlled broader social sphere that uses all forms of health data, including genomics, metadata, electronic health records, and biometrics;
- implementation of AI-based patient interaction tools (chatbots, mobile devices, etc.);
- educating patients on decision-making, self-monitoring, and disease prevention through the use of intelligent tools;
- prioritization of patient groups by risk and proactive intervention through use of AI technologies;
- research on social determinants of healthcare and management of public health through the use of AI technologies.

7.4. Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector

As for the manufacturing industry and power sector, the Strategy suggests:

- introduction of advanced AI technologies to create fully automated industrial enterprises with the practically continuous operation;
- application of AI in fuzzy expert systems and decision support systems for enterprise management;

- application of AI in neuro-similar and neuro-fuzzy devices and subsystems for controlling nodes and aggregates of the enterprise at the executive level;
- application of AI technologies for:
 - solving the tasks of information analysis, planning, and forecasting regarding the creation of a state energy security strategy;
 - continuous monitoring of critical malfunctions, recognition of defects, prevention of sudden equipment failure through diagnostics during operation, predicative maintenance and repair of equipment and forecasting of its resource;
 - optimization of equipment operation modes and technological processes;
 - flexible management of energy consumption to increase energy efficiency;
 - planning supplies, production processes, and making financial decisions;
 - determining the technological priorities of research taking into account the limited resource – in particular, those that do not require significant investments, while giving significant competitive advantage in global markets due to the massive use of AI technologies.

7.5. Artificial Intelligence in Telecom Industry

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine provides for the following measures regarding the implementation of AI in the telecommunications industry:

- development of the mobile communication infrastructure to create opportunities for the emergence and development of innovations;
- application of AI to enhance telecom operators' services (subscribers loss prevention, formation of flexible mobile phone tariffs, detection of fraudulent actions, etc.);
- creation and introduction of AI systems for geotargeting, scouting out locations for services delivery, analysis and identification of patterns in a certain target segment, development of relevant offers to new customers, etc.).

Anonymized location data of users uploaded to the public domain can form a fundamentally new market for small and midsize businesses in Ukraine to create and provide various services based on the data analysis.

7.6. Artificial Intelligence in Transportation and Infrastructure

As for the transportation and infrastructure, the Strategy suggests:

- introduction of advanced AI technologies for the creation of autonomous vehicles, as well as fully automated infrastructure;
- development of autonomous vehicles;
- intelligent traffic management;
- creation of an early warning system about the need for infrastructure replacement and repair;

- routes forecasting;
- optimization of routes.

The autonomous public transport system is a promising area of municipal transportation advancement since AI-powered vehicles are less harmful to the environment. Optimizing routes and driving intervals can reduce fuel consumption and significantly reduce greenhouse gas emissions.

7.7. Artificial Intelligence in Agriculture

The Strategy implies the startup support and introduction of advanced AI technologies in the process of creation of decision support systems and control systems for agricultural facilities. It is planned to use agricultural drones, analyze crop market data based on artificial neural networks, introduce AI in horticulture to manage plant diseases and pests, etc. Unmanned aerial vehicles provide the exact position of the crop in the field and land use inventory, detect plant diseases, analyze crop yield, and monitor and control land amelioration systems.

7.8. Artificial Intelligence in Ecology

As for the ecology, the Strategy provides for the fulfilment of following tasks:

- setting up control rooms based on the model of the geographic information system using robotic systems with AI elements for the communication of dual-use unmanned vehicles with the control center. It helps to reduce the cost of assessing the consequences of man-made or natural disasters, and collateral damage of infrastructure or changes in the natural environment, and allows to exclude the participation of a human expert in monitoring the destruction since the access of people to dangerous areas is associated with a risk to life or is fundamentally impossible;
- developing and utilizing robotic systems with AI elements to make optimal decisions on natural resource management, restoring land and water resources without the need for human intervention (revegetation of lands damaged due to hostilities or exhausted due to human activity, neutralization of petroleum-related and chemical pollution of water);
- developing principles and methods of building hardware complexes with AI elements, taking into account specifics of the ongoing war and post-war conditions to ensure optimal functioning of the complex objects of new technology and information systems being created.

Section 8. SCIENTIFIC SUPPORT, STAFFING, AND FUNDING FOR THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE ECOSYSTEM

The Strategy requires systematic approach, which includes proper scientific support, funding, and qualified workforce. It calls for the state support, as well as attraction of private sector funds and venture capital.

The Strategy suggests utilizing the “continuous chain” for research performance and commercialization. The scheme: performing marketing research on the cutting-edge technology and the findings of science ↔ performing intensive research in order to determine the potential market for the final high-tech AI product ↔ high-tech AI product ↔ determining and analyzing the workforce potential and the allocation of funds ↔ identifying the object of the fundamental research ↔ conducting fundamental research ↔ conducting experimental research ↔ introducing the created and available new technologies into various industries ↔ resuming production ↔ creating final products ↔ market.

The basic points of AI and artificial neural networks theory should be introduced as a study program in schools and higher education institutions of Ukraine. Particular attention should be paid to introduction of interactive software tools for deep learning and neural networks building, natural speech processing and computer vision technologies.

By 2030, top-tier study programs will be introduced in Ukraine to train highly qualified specialists and managers in the field of artificial intelligence. Ukrainian educational institutions should occupy leading positions among other countries in certain AI fields. It is necessary to eliminate the shortage of experts in this field, particularly by engaging eminent foreign professionals holding academic titles.

Funding for the research will be allocated from the government budget and revenues from the private sector. For fundamental scientific research, government funding has already been received, which the government annually allocates to the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine for the implementation of scientific projects that have undergone the competitive selection process. Furthermore, there will be an opportunity to compete for grants for the priority fundamental projects, which aim to address the challenges of private sector with the subsequent introduction of the findings as a complete product, and commercialization of created intellectual property by licensing or transferring rights.

Section 9. EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

The development of AI in Ukraine will significantly affect the labor market in the future. The percentage of jobs will be changed under the influence of digital transformations (from 10% till 40% according to the forecast of a number of EU countries), and a certain number of professions available today will undergo serious changes. In addition to that, the development and widespread adoption of AI technologies will lead to the creation of new jobs, some employees will have to adjust the labor or formal relationships with employers, and acquire new skills.

Therefore, opportunities for upskilling and reskilling, both in the workplace and through training programs, will become increasingly important.

The growing penetration of AI technologies in manufacturing processes will result in fewer workers involved in hazardous, harmful and stressful work, leading to a decrease in the number of accidents and adverse health effects, thereby improving **the**

operational safety. The broad possibilities of using AI for mineral exploration should have a positive effect on the dynamics of workplace injury prevention.

The autonomous public transportation system is a promising area of municipal transportation advancement, since AI-powered vehicles are less harmful to the environment. Optimization of routes and driving intervals should reduce fuel consumption and significantly decrease greenhouse gas emissions.

To assess the effectiveness of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine, the Committee on Artificial Intelligence Development and Implementation will develop quantitative and qualitative indicators to measure the progress in priority areas of Ukraine and improvement of the overall well-being and quality of life.

In the field of economic development, the assessment of effectiveness should be based on the number of products manufactured using AI technology, the expenses incurred as a result of introduction of AI technology in manufacturing, the product quality complying with the global standards and suggestions, the amount of revenue from the exports of services using AI technologies, and the number of services provided.

Section 10. OUTLINE OF THE STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is designed for the period of 2023-2030, and its adoption process consists of two stages:

- I stage – 2023-2025;
- II stage – 2026-2030.

The main mechanism for the implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is the annual action plans developed by the Committee on Artificial Intelligence Development and Implementation and approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is based on the Constitution of Ukraine, as well as on the Laws of Ukraine “On National Security of Ukraine”, “On Scientific and Technical Activities”, “On Higher Education”, “On Copyright and Related Rights”, “On Protection of Rights to Industrial Designs”, “On Protection of Rights to Inventions and Utility Models”, and the Decree of the President of Ukraine of September 14, 2020 № 392 “On the Decision of the National Security and Defense Council of Ukraine”.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine serves as the basis for state programs and regulations relating to the development of artificial intelligence in Ukraine.

II. ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ (2023 – 2030)

II. SUPPLEMENTAL MATERIALS TO THE STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

Білокобильський О. В.

До розділу 3 «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)»

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) передбачає:

- забезпечення функціонування «розумних» систем, що базуються на технологіях Інтернету речей, розвиток мереж розподілених датників та опрацювання отриманих даних за допомогою технологій ШІ;
- розвиток національних електронних мереж, баз даних, хмаринних сховищ і хмаринних обчислень, які забезпечують безпечну передачу даних;
- забезпечення національного резерву обчислювальних потужностей;
- підготовку та працевлаштування необхідної кількості кваліфікованих фахівців;
- удосконалення впровадження технології ШІ в сфері біотехнологій, геномних досліджень, національної системи охорони здоров'я;
- розвиток технологій, які доповнюють людську працю, зокрема автономних систем і робототехніки в сферах, де людська праця стикається з небезпекою;
- упровадження технологій ШІ в сфері національної безпеки, кібербезпеки та сфері захисту даних;
- інтенсифікацію національних досліджень у сфері ШІ.
- істотне покращення стану фундаментальних досліджень і технологій за допомогою ШІ, зокрема в квантовій інформатиці, нанотехнологіях, розробці нових матеріалів, авіаційній та космічній промисловості, мікроелектроніці;
- значне покращення цифрової грамотності населення України;
- забезпечення необхідного управлінського, матеріального та фінансового супроводу реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

До розділу 6 «Система управління розвитком штучного інтелекту в Україні»

Велику увагу слід приділити створенню центрального органу виконавчої влади, що здійснює державну політику в сфері ШІ – Ради з питань безпеки розробок у сфері ШІ. Цей орган об'єднає представників основних зацікавлених сторін – уряду, наукової спільноти, громадянського суспільства, бізнесу та буде підзвітний прем'єр-міністру України. Ключова мета цього органу – моніторинг розробок у сфері ШІ на предмет відповідності пріоритетам, визначеним у

Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, а також «Законі про ШІ» та інших нормативних документах, зокрема, пріоритету безпеки та етичних норм і принципів. Рада з питань безпеки розробок у сфері ШІ працюватиме за такими напрямами діяльності:

- координація діяльності українських і міжнародних авторів, що працюють в Україні над розробками в сфері ШІ, створення та розвиток майданчика для об'єднання зусиль і забезпечення синергії;
- попередня оцінка систем ШІ з високим ризиком для життя громадян і стабільності суспільства на відповідність принципам та етичним нормам, визначеним у Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні;
- ліцензування розробок у сфері ШІ з високим ризиком, які стосуються стратегічно важливих напрямів народного господарства;
- періодичний моніторинг упроваджених систем ШІ з високим ризиком протягом циклу їх упровадження задля визначення їхнього впливу на суспільство і можливої корекції роботи цих систем;
- перевірка українських розробок у сфері ШІ на відповідність європейським стандартам безпеки та захисту даних, приватності, прозорості тощо, співпраця з європейськими та іншими міжнародними регуляторами розробок у сфері ШІ;
- підготовка пропозицій щодо змін у чинних нормативних документах або щодо прийняття нових нормативних документів у сфері ШІ з урахуванням постійного розвитку та змін у функціоналі систем ШІ;
- моніторинг діяльності органів виконавчої влади щодо імплементації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, підготовка пропозицій стосовно вдосконалення процесу імплементації;
- організація заходів з підвищення кваліфікації для державних посадовців, які працюють із системами ШІ, а також координація впровадження освітніх програм у сфері ШІ в українських ЗВО;
- організація заходів для підвищення обізнаності громадян України стосовно новітніх розробок у сфері ШІ, а також сприяння підвищенню довіри до таких розробок завдяки впровадженню прозорих стандартів безпеки.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

У галузі охорони здоров'я необхідно зосередитися на декількох напрямах.

Формування загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я.

На державному рівні створюється національна платформа охорони здоров'я, де зберігаються анонімні біомедичні дані, анонімізовані копії медичних карток, зображення, результати обстежень тощо. Платформа дозволить аналізувати національні дані про стан здоров'я громадян, буде сприяти науковим дослідженням, зокрема при розробці медичних препаратів, технологій, засобів. Доступ до бази анонімізованих даних буде відкритим для досліджень і статистичного аналізу.

Забезпечення обміну даними та їх використання на місцевому, регіональному та національному рівнях.

Зважаючи на розвиток інформаційних систем «розумного міста» та Інтернету речей, в яких, за експертними оцінками, в 2025 р. буде використовуватися до 1 трильйона підключених до Інтернету датників, найближче майбутнє української медицини буде також пов'язане з поширенням персоналізованих медичних послуг, обміном даними між різними установами та пацієнтами (зокрема за допомогою телеметрії), опрацюванням великих масивів даних та аналізом їх засобами ШІ тощо. Відповідні зміни неможливі без створення надійних і швидких електронних мереж зв'язку. Уряд буде сприяти розгортанню широкопasmового зв'язку та технології 5G.

Реалізація глибокого навчання та наукових досліджень у медичній сфері.

Глибоке навчання стає основою сучасних медичних технологій у сфері опрацювання зображень та інших даних об'єктивної діагностики й автономних роботизованих технологій виявлення аномалій. Тому держава всебічно сприяє науковим дослідженням та розробкам у сфері розвитку та вдосконалення глибокого навчання. Крім того, на державному рівні забезпечується фінансування інших наукових розробок у медичній сфері, зокрема шляхом державного замовлення на науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію.

Вдосконалення захисту персональних даних про стан здоров'я громадян та характер отриманої ними медичної допомоги.

Для розвитку технологій ШІ в медичній сфері потрібні різні типи персональних даних, їх аналіз і використання з дослідною метою. Держава буде сприяти подальшому захисту персональних медичних даних і регулюванню доступу до них на всіх рівнях зберігання та використання, зокрема за допомогою ініціації розробки та прийняття нової нормативної бази, узгодження українських і міжнародних нормативів і стандартів в цій сфері.

Розробка або вдосконалення нормативної бази та етичного контролю застосування ШІ, пов'язаного з охороною здоров'я.

Розвиток технологій ШІ у сфері охорони здоров'я потребує розробки нормативної бази, зокрема при створенні алгоритмів, що використовуються в програмному забезпеченні медичного обладнання, таких як хірургічні роботи або програмне забезпечення для вдосконалення або опрацювання зображень у приладах діагностичної візуалізації. Важливою сферою, що потребує регулювання на державному рівні, є також норми, критерії та стандарти етичного контролю за використанням ШІ в медичній сфері.

Сприяння розвитку телекомунікаційних, роботизованих, автономізованих медичних технологій.

У перспективі значну частину завдань, які сьогодні виконує медичний персонал, зможуть виконувати автономізовані системи зі штучним інтелектом. Це стосується автоматичного створення записів пацієнтів, логістики пацієнтів, забезпечення пацієнтів ліками та медичними послугами, аналіз стану пацієнтів і прогноз його зміни при визначенні черговості надання медичної допомоги (тріаж), зокрема в умовах перенавантаження медичних установ і под. Важливе

значення буде мати також вдосконалення можливостей телемедицини, зокрема при віддаленому доступі при наданні медичних послуг, наприклад, для залучення фахівців з обласних центрів або з-за кордону.

Підвищення ІІІ-компетентності студентів і співробітників медичної галузі.

Підвищення обізнаності діючого та майбутнього медичного персоналу в сфері ІІІ, яке передбачає отримання знань в сфері етики, біоетики, захисту даних, роботи з автоматизованими системами та програмним забезпеченням, є необхідною умовою розвитку медичної екосфери ІІІ. Ці компетенції повинні стати необхідним елементом медичної освіти і знайти відображення у відповідних навчальних програмах українських закладів освіти.

Розробка цифрового забезпечення медичного супроводу населення шляхом створення електронних баз даних, логістичних алгоритмів, умов для надання медичної допомоги на основі телекомунікаційних технологій. Окремою сферою компетентності є налагодження взаємодії між медичними працівниками та системами ІІІ, консолідація специфічних можливостей для максимально ефективного лікування пацієнтів. Зокрема, необхідно визначити критерії прийняття рішень у випадках, якщо висновки лікаря та системи ІІІ в конкретному випадку відрізняються.

Сприяння розробці та впровадженню державної програми підвищення якості та тривалості життя, що спирається на поширення електронних застосунків українського виробництва, які допомагають контролювати основні показники здоров'я та активності. Такі застосунки та пристрої контролю вже поширені серед громадян, і подальші дії держави залежатимуть від досліджень результатів застосування цих технологій.

Bilokobylskyi O.

To Section 3. Aims and Objectives of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) includes the following objectives:

- to ensure the functioning of IoT (Internet of Things)-based smart systems, the development of distributed databases, and the processing of data obtained through the use of AI technologies;
- to develop national computing networks, databases, cloud storages, and cloud computing, which ensure secure data transfer;
- to ensure the development of national computer networks;
- to train and hire the required number of qualified professionals;
- to foster the implementation of AI technologies in the field of biotechnology, genomic research, and the national healthcare system;
- to develop technologies that would augment human labor, in particular, autonomous systems and robotics for high-risks jobs;

- to adopt AI technologies in the areas of national security, cybersecurity, and data protection;
- to improve the quality of AI-related national research;
- to considerably improve the state of fundamental research and technologies through the use of AI, specifically, in the areas of quantum computing, nanotechnologies, the development of new products, in the field of aviation, and space industry;
- to significantly improve the level of digital literacy in Ukraine;
- to ensure the effective management and funding for the adoption of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

To Section 6. Regulatory Framework for Artificial Intelligence Development in Ukraine

Particular attention should be paid to the to the creation of a central body of executive power which would enforce the state policy in the field of AI – the National Council on AI Safety. This body will unite all key stakeholders, namely, the government, scientific community, civil society, and business, and will be reporting directly to the Prime Minister of Ukraine. The core task of the body is to monitor AI-related development projects, and whether they correspond to the main points outlined in the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine. These projects should also conform to the “AI Act” and other regulatory documents, in particular, with priority given to the safety and ethical norms and principles. Duties of the National Council on AI Safety would include:

- to coordinate the activities of Ukrainian and international actors working in Ukraine on the development of AI technologies; to create and develop a platform for ensuring collaborative work and achieving synergy;
- to preliminary assess AI systems that pose a high risk to the lives of citizens and social stability for compliance with the principles and ethical norms outlined in the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine;
- to license high-risk AI technologies related to strategically important sectors of the national economy;
- to periodically monitor adopted high-risk AI systems throughout the lifecycle to determine their impact on society and modify them if needed;
- to verify compliance of Ukrainian AI-related projects with European standards for security and data protection, privacy, transparency, etc.; to cooperate with European and international AI regulatory agencies;
- to initiate changes in the regulatory framework; to foster the adoption of new AI regulations, considering the incessant advancement of AI systems
- to monitor the activity of executive authorities responsible for the implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine; to improve the implementation process;
- to provide training programs for government officials engaged in the adoption of AI systems; to coordinate the introduction process of AI study programs in Ukraine;

- to organize events aimed at raising awareness about the recent AI developments; to build trust through the introduction of transparent safety standards.

To Subsection 7.3 Artificial Intelligence in Medicine

Regarding the place of AI in healthcare, it is necessary to focus on several tasks.

To build a national digital healthcare platform.

The task is to build a national healthcare platform that is being created to store anonymized biometric data, anonymized copies of medical records, images, medical test results, etc. The platform will allow experts to analyze data for population health assessment. Moreover, it will contribute to scientific research, in particular to the development of new pharmaceutical products and technologies. Access to the database of anonymized data will be open for research and statistical analysis.

To ensure data exchange and its utilization by local, regional, and national authorities.

Considering the development of smart city information systems and the Internet of Things (IoT) technology, which, according to experts, will have up to 1 trillion web-enabled sensors by 2025, it can be stated that that personalized medical services, data exchange between different institutions and patients (in particular, via telemetry), processing and analyzing large amounts of data through the use of AI tools, etc. will shape the future of Ukrainian healthcare system. Such changes are not possible without reliable and high-speed electronic communication networks. The government will strive to promote the deployment of broadband technology and 5G networks.

To introduce deep learning and scientific research in the healthcare sector.

Deep learning is considered to be the basis of contemporary medical technologies in the field of medical image processing and other diagnostics and autonomous robotic anomaly detection technologies. Therefore, the government promotes R&D activities related to deep learning. Furthermore, the government provides financial support for other medical solutions development, in particular through the public procurement mechanism for scientific and technical (experimental) developments, as well as scientific and technical products.

To improve the protection of health-related personal data and data related to the prescribed medical treatment.

The development of AI technologies in the healthcare sector requires various types of personal data, which are analyzed and utilized for research purposes. The government will contribute to further protection of personal health data and the regulation of access to the data at all levels of storage and utilization, in particular by initiating the adoption of a new regulatory framework, and coordinating Ukrainian and international regulations and standards.

To develop or improve the regulatory framework and ethical framework for healthcare-related AI applications.

The progression of AI technologies in the healthcare sector requires the development of a regulatory framework, in particular, for creating algorithms used in medical equipment software, such as robotic surgery systems or medical imaging

software. The norms, criteria, and standards for ethical control over the use of AI in healthcare have to be regulated by the government in this area.

To promote the development of telecommunication technologies, robotics, and autonomous medical technologies.

In the future, the majority of tasks performed by healthcare professionals will be performed by autonomous AI-driven systems. This applies to the automated recording of medical details of patients, patient logistics, providing patients with medicines and medical services, examining patients, and prioritizing medical care (triage), especially when hospitals are overwhelmed, etc. It is necessary to improve telehealth capabilities, in particular, in cases of remote access when providing medical services, for example, to attract specialists from regional centers or from abroad.

To develop AI competency of students and healthcare employees.

Raising the awareness of current and future medical personnel in the field of AI, which involves acquiring knowledge in the field of ethics, bioethics, data protection, and working with automated systems and software, is a necessary condition for the development of the medical AI ecosphere. These competencies should become an essential component of medical education and be reflected in the curricula of Ukrainian educational institutions.

Digitalization of healthcare involves the creation of electronic databases, logistics algorithms, and a telemedicine system. A separate area of competence is the establishment of interaction between healthcare professionals and AI systems, the consolidation of specific opportunities for the most effective treatment of patients. In particular, it is necessary to define decision-making criteria in cases when the conclusions of the doctor and the AI system differ.

To facilitate the development and implementation of the state program for the quality of life and life expectancy improvement, which relies on the distribution of Ukrainian electronic applications that help manage main health and activity indicators. Such applications and control devices are widely spread among citizens, and further actions of the government will depend on research findings regarding the utilization of these technologies.

Бомба А. Я., Барановський С. В.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

Нові проблеми й виклики, з якими зіткнулося людство внаслідок швидкого поширення нового коронавірусу COVID-19 та відсутності досвіду його лікування, зумовлюють необхідність розробки нових підходів до математичного моделювання, прогнозування й управління механізмами та динамікою імунного захисту організму від збудників хвороби. Розробка відповідного програмно-аналітичного інструментарію математичного моделювання динаміки імунної відповіді організму з урахуванням дифузійних збурень, конвекції та цілеспрямованих зовнішніх лікувальних дій зосередженого типу (фармакологічних, імунологічних чи терапевтичних) після

оцінки параметрів за клінічними даними забезпечить такі нові можливості:

- більш ефективно прогнозувати характер перебігу захворювання та його наслідки;
- виявляти та досліджувати найзагальніші закономірності зовнішнього впливу на динаміку процесу;
- створювати методи і технології штучного інтелекту (ШІ) для контролю та управління імунною відповіддю організму, а також розробки, аналізу та оцінки ефективності програм лікування в умовах обмеженості наявних ресурсів.

Це важливо для конструювання спеціалізованих експертних систем підтримки прийняття комплексу рішень щодо застосування імуно-, фармако-, чи іншого виду терапії. Такий підхід дасть змогу в кожному конкретному випадку, залежно від значень вхідних даних, визначати найбільш ефективні програми лікування, встановлювати й оперативно корегувати в їхніх рамках інтенсивність відповідних процедур. Передбачається виконати такі завдання.

1. Розробка, як основи технологій ШІ, банку базових модифікацій моделей інфекційного та бактеріологічного захворювання з урахуванням дифузійних збурень, конвекції та взаємозв'язків із середовищем, в тому числі із забезпеченням можливості врахування випадкового характеру деяких параметрів моделей; узагальнення модифікованих моделей для урахування різного роду, зокрема, цілеспрямованої лікувальної фармакологічної, імунологічної та фізіотерапевтичної дії, зокрема імпульсного типу за умов оптимізації та ідентифікації параметрів; побудова ефективних алгоритмів знаходження розв'язків вихідних сингулярно-збурених модельних задач із запізненням та розробка програмно-аналітичного інструментарію для дослідження динаміки інфекційного захворювання в умовах дифузійних збурень, конвекції та зовнішніх зосереджених впливів.
2. Розробка методів та технологій ШІ для верифікації моделей на основі даних клінічних спостережень, а також інтерпретації результатів комп'ютерного моделювання та синтезу комплексу можливих управлінських рішень залежно від конкретних умов перебігу захворювання.
3. Дослідження проблем керованості процесів інфекційного захворювання, оцінки ефективності застосування різного роду процедур зовнішньої дії для розробки методів, технологій і застосунків ШІ щодо контролю та керування процесом.

Bomba A., Baranovsky S.

To Subsection 7.3, Section 7 Artificial intelligence in medicine

The new problems and challenges faced by humanity due to the rapid spread of the new coronavirus COVID-19 and the lack of experience in its treatment necessitate the development of new approaches to mathematical modeling, forecasting and management of the mechanisms and dynamics of the body's immune defense against pathogens. The development of appropriate software and analytical tools for

mathematical modeling of the dynamics of the body's immune response, taking into account diffusion disturbances, convection and targeted external therapeutic actions of a concentrated type (pharmacological, immunological or therapeutic) after evaluating the parameters according to clinical data, will provide such new opportunities:

- to more effectively predict the course of the disease and its consequences;
- identify and investigate the most general patterns of external influence on process dynamics;
- to create methods and technologies of artificial intelligence (AI) to control and manage the body's immune response, as well as to develop, analyze and evaluate the effectiveness of treatment programs in conditions of limited resources.

This is important for the construction of specialized expert support systems for complex decision-making regarding the use of immuno-, pharmaco-, or other types of therapy. This approach will make it possible in each specific case, depending on the values of the input data, to determine the most effective treatment programs, to establish and quickly adjust the intensity of the relevant procedures within their framework. The following tasks are expected to be performed.

1. Development, as the basis of AI technologies, of a bank of basic modifications of infectious and bacteriological disease models, taking into account diffusion disturbances, convection, and interactions with the environment, including ensuring the possibility of taking into account the random nature of some model parameters; generalization of modified models to take into account various types, in particular, targeted therapeutic pharmacological, immunological and physiotherapeutic action, in particular pulse type under the conditions of optimization and identification of parameters; construction of effective algorithms for finding solutions to initial singularly perturbed model problems with a delay and development of software and analytical tools for studying the dynamics of infectious diseases under conditions of diffusion disturbances, convection and external concentrated influences.
2. Development of AI methods and technologies for verification of models based on clinical observation data, as well as interpretation of computer modeling results and synthesis of a set of possible management solutions depending on the specific conditions of the course of the disease.
3. Researching the problems of controllability of infectious disease processes, evaluating the effectiveness of various types of external action procedures for the development of AI methods, technologies and applications for process control and management.

Довбиш А. С.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Для успішної реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні необхідна концентрація українських наукових шкіл у сфері ІІІ для створення

методів машинного навчання в рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів природного інтелекту людини. При цьому методи машинного навчання повинні відповідати таким основним вимогам:

- бути адаптивними до довільних початкових умов формування вхідного математичного опису системи ШІ;
- здійснювати фазифікацію вхідних нечітких даних у процесі машинного навчання, тобто трансформувати апріорно нечітке розбиття класів розпізнавання, які характеризують можливі функціональні стани обчислювальної машини зі штучним інтелектом, в чітке розбиття;
- бути практично нечутливими до багатовимірності простору ознак розпізнавання та алфавіту класів розпізнавання;
- машинне навчання здійснюється за ієрархічною структурою даних, що дозволяє будувати високодостовірні вирішальні правила для алфавітів класів розпізнавання великої потужності;
- автоматичне (без інтерактивного режиму) самонавчання та перенавчання системи ШІ при розширенні алфавіту класів розпізнавання;
- бути здатними здійснювати класифікаційне прогнозування зміни функціональних станів обчислювальної системи і досліджуваних процесів;
- здійснювати оптимальний розподіл ресурсу обчислювальної машини та розподіленого обчислювального середовища за узагальненим критерієм «енергозбереження – якість обслуговування користувача».

Оскільки реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні буде здійснюватися за умов обмеженого фінансування, то одним із джерел фінансування наукових розробок в університетах є спонсорські внески ІТ-компаній. На жаль, на відміну від світової практики, в Україні ІТ-компанії використовують студентів і випускників галузі «Інформаційні технології» без компенсації випусковим кафедрам за їх підготовку. Одним із шляхів виходу з такого стану є створення в ЗВО благодійних фондів підтримки талановитої молоді із студентів і аспірантів, основним джерелом фінансування яких є спонсорські внески роботодавців. Основним контраргументом є те, що створення такого благодійного фонду заборонено в ЗВО, оскільки він є державною установою. Але залучення студентської молоді до наукової роботи є одним із основних напрямів підготовки майбутніх спеціалістів, здатних створювати прогресивні інтелектуальні інформаційні технології у рамках реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. Тому МОН України доцільно розробити у плані євроінтеграції нормативно-правову документацію щодо створення в ЗВО благодійних фондів підтримки талановитої молоді та регламентувати з урахуванням існуючих світових норм договірні відносини між ЗВО і роботодавцями.

Кадровий науковий потенціал України цілком спроможний для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом за умови достатнього фінансування. Прикладами такої спроможності є наукові результати, отримані в Інституті проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України та в Сумському державному університеті щодо моделювання когнітивних процесів природного інтелекту людини й створення в рамках функціонального підходу

методів так званої інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології (ІЕІ-технології) аналізу даних, яка ґрунтується на максимізації інформаційної спроможності системи в процесі її машинного навчання. Основна ідея машинного навчання в рамках ІЕІ-технології як і в штучних нейронних мережах (ШНМ) полягає в адаптації вхідного інформаційного опису системи до максимальної достовірності розпізнавання образів. Але на відміну від нейроподібних структур методи інформаційно-екстремального машинного навчання розробляються в рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів, притаманних людині при формуванні та прийнятті класифікаційних рішень. При цьому рівень глибини машинного навчання визначається не кількістю схованих шарів, як це має місце в багато згорткових ШНМ, а кількістю параметрів машинного навчання, які оптимізуються за інформаційним критерієм. У результаті інтелектуальна система на відміну від ШНМ набуває властивість гнучкості при перенавчанні через зміну як словника ознак, так і алфавіту класів розпізнавання. Крім того, вирішальні правила, побудовані у рамках геометричного підходу, є практично інваріантні до багатовимірності простору ознак розпізнавання. Ця технологія має ще ряд таких додаткових переваг перед ШНМ:

- вирішує проблему нечітких класів розпізнавання, оскільки процес машинного навчання є оператором дефазифікації, який трансформує апріорно нечітке розбиття простору ознак на класи розпізнавання в чітке;
- машинне навчання здійснюється не в інтерактивному, а в автоматичному режимі, що суттєво спрощує експлуатацію інтелектуальної системи;
- для отримання однакової достовірності розпізнавання навчальна матриця має на порядок менший обсяг, тобто не потрібно залучати велику кількість даних.

Отже, вітчизняна ІЕІ-технологія аналізу даних може розглядатися як перспективна альтернатива нейроподібним структурам.

Варто ще раз підкреслити, що успішна реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні обумовлена двома факторами:

1. Підвищення якості підготовки ЗВО ІТ-фахівців як шляхом наближення освітніх навчальних програм і навчального контенту до сучасних вимог ринку праці, так і широким залученням студентської молоді до науково-дослідницької роботи в галузі штучного інтелекту.
2. Розроблення законодавчими та виконавчими органами державної влади нормативно-правової бази для створення в ЗВО та академічних закладах умов становлення і розвитку наукових шкіл в галузі штучного інтелекту.

До підрозділу 2.1 розділу 2 «Основні терміни та поняття»

Уточнення термінів «Інтелект людини» та «Штучний інтелект»:

- інтелект людини – уміння розв’язання творчих завдань, сформоване в процесі навчання людини взаємодії з навколишнім середовищем;

- штучний інтелект – алгоритм розв’язання штучною свідомістю штучної особистості (машини) творчих завдань, створений і контрольований свідомістю людини.

Оскільки штучний інтелект є наближенням природного інтелекту людини, то машина апріорі не може створити механізм прийняття рішень кращий, ніж свідомість людини. Інша справа, що свідомість людини може створити ІІІ, який може розширювати її функціональні можливості, наприклад, шляхом створення практично необмеженої пам’яті або високої оперативності прийняття рішень. Надання ІІІ таких властивостей як саморозмноження, самоудосконалення, автономність функціонування, самознищення тощо так само створюється свідомістю людини.

Dovbysh A.

To Section 8. Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

To successfully implement the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine, it is necessary to concentrate efforts of the Ukrainian scientific school of artificial intelligence on the creation of the machine learning methods within the functional approach to modeling the cognitive processes of human natural intelligence. In this case, machine learning methods have to meet the basic requirements:

- to be adaptable to arbitrary initial conditions for the formation of an input mathematical description of the AI system;
- to perform the fuzzification of input fuzzy data in the process of machine learning, that is to say, to transform fuzzy recognition patterns that characterize the possible functional states of a computer with artificial intelligence into a crisp value;
- to be almost unsusceptible to the multidimensionality of the recognition features and the alphabet of recognition patterns;
- to perform machine learning according to the hierarchical structure, which allows building highly accurate decisive rules for the alphabets of high-duty recognition patterns;
- to perform automatic (without interactive mode) self-learning and retraining of the AI system in the process of expanding the alphabet of recognition patterns;
- to give a classification forecast on changes in the functional states of the computing system and the processes under study;
- to perform the optimal distribution of the resource of the computer and the distributed computing environment according to the generalized criterion “energy conservation is the quality of service”.

Since the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine lacks funding, one of the sources of funding for universities’ scientific advances is grants given by IT companies. Unfortunately, in Ukraine IT companies engage students and graduates for working in IT sector refusing to pay compensation to the state for their training, which forces higher education institutions to act as beggars. It is necessary

to submit a request to the Ministry of Education and Science of Ukraine to develop legal mechanisms regulating contractual relations between the university and employers. It is essential to set up a foundation to provide support for scientific researches of the university departments and talented students and graduates, who will be involved in the implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine.

The scientific potential of Ukrainian talents is enough to create a computer with artificial intelligence, as long as there is financial assistance provided. The evidences of it are scientific results obtained at the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine and at the Sumy State University on modeling of cognitive processes inherent in humans, and creation of methods of information-extreme intelligent data analysis technology, which is based on maximizing the system's information productivity in machine learning, within the functional approach.

To Subsection 2.1, Section 2 Basic Concepts and Definitions

Clarification of terms “Human Intelligence” and “Artificial Intelligence”:

- human intelligence is the ability to solve creative problems, formed in the process of interaction with the environment;
- artificial intelligence is the algorithm for the creative problem-solving performed by the artificial consciousness of the artificial personality (machine), created and controlled by human consciousness.

Since artificial intelligence is the simulation of human natural intelligence, a machine a priori cannot create a decision-making mechanism better than human consciousness. Another thing is that human consciousness can create AI that can expand its functionality, for instance, by creating virtually unlimited memory or high decision-making efficiency. Such properties as self-multiplication, self-improvement, autonomous functioning, self-destruction, etc. are also created by human consciousness.

Єрошенко Т. В.

До розділу 6 «Система управління розвитком штучного інтелекту в Україні»

Оцінюючи масштаб перетворень, який зазнає сьогодні людська цивілізація, засновник і беззмінний керівник Всесвітнього економічного форуму в Давосі Клаус Шваб, сказав про те, що «характер змін, що відбуваються, настільки фундаментальні, що світова історія ще не знала подібної епохи – часу як великих можливостей, так і потенційних небезпек». Побоювання та надії одного з найвідоміших економістів планети насамперед пов'язані з глобальним поширенням технологій штучного інтелекту. Наприклад, ці технології оточують нас з усіх боків, перетворюючись на частину сучасної повсякденності: комп'ютерні перекладачі та редактори, автоматичні коробки

передач, що самонавчаються, дрони, чат-боти і т.д. стали звичними помічниками людини. Також, величезні обсяги пам'яті сучасних комп'ютерів та їхня продуктивність дозволяють акумулювати дані, які кожна людина залишає у віртуальному вимірі сучасної реальності – у соціальних мережах, на різних сайтах, в електронній пошті. Ці, здавалося б, малопомітні «хлібні крихти» дозволяють скласти повний портрет індивіда, аж до передбачення його покупок, дій, культурних інтересів. Використання подібних надздібностей алгоритмів, що самонавчаються, простягається від таргетованої реклами і аж до жорсткого поліцейського нагляду. Людина, яка доручила частину своїх обов'язків комп'ютеру, перетворюється, за певних обставин, на відкриту книгу для штучного інтелекту, здатного передбачити і вплинути на її поведінку. Таким чином, людська цивілізація входить у новий еон, де штучний інтелект може набути тотального контролю над соціумом. Зміни, що відбуваються, можуть призвести до масштабних соціальних трансформацій, як усунувши, завдяки рівному доступу до всіляких благ, соціальну нерівність, так і, що більш ймовірно, заглибивши її - підкоривши все більшості купці людей, що контролюють «планетарний штучний інтелект».

Найважливішим фактором, що впливає на реалізацію позитивного та негативного потенціалу ШІ, виступає ступінь його автономності чи власної свободи. Чим більша свобода буде надана ШІ, тим більш «непередбаченим» результатом може він прийти у процесі реалізації поставлених завдань; тим більше норм і цінностей людини може змінити; тим менше «своїх висновків» він зможе «пояснити» людині. Надання «повної свободи» для ШІ може означати повну несвободу самої людини, навіть якщо ШІ у своїй діяльності керуватиметься найкращими цілями щодо «вдосконалення» нашого життя.

Навіть якщо питання свободи дій ШІ може, у зазначених параметрах, здатися питанням майбутнього, вже сьогодні існують важливі сфери, де його актуальність очевидна. Наприклад, такою є сфера бойового ШІ, який вже сьогодні застосовується для знищення бойових об'єктів супротивника та його живої сили. Фактично, машини, оснащені елементами ШІ (дрони, системи ППО, ПРО тощо) можуть автономно приймати рішення про вбивство людей. При цьому існує безліч менш очевидних, але при цьому ризикогенних сфер застосування ШІ.

Yeroshenko T.

To Section 6 Regulatory Framework for Artificial Intelligence Development in Ukraine

Assessing the magnitude of current transformations in the human civilization, the founder and executive chairman of the World Economic Forum in Davos, Klaus Schwab said, “The changes are so profound that, from the perspective of human history, there has never been a time of greater promise or potential peril.”. The fears and hopes expressed by one of the most influential economists in the world are mainly caused by the global adoption of artificial intelligence technologies. These

technologies, such as machine translation and editing tools, adaptive automatic transmission, drones, chatbots, etc. have turned into common human assistants and are now a part of modern everyday life. Furthermore, the expanded storage capacity of modern computers and their performance enable the accumulation of data that each individual leaves in the virtual dimension of contemporary reality, such as social networks, various websites, and electronic mail. These ostensibly insignificant parts could be put together to create a complete portrait of the personality, to the extent of predicting their purchases, deeds, and cultural interests. The application of these extraordinary self-learning algorithms ranges from the targeted advertising to strict police surveillance. Under certain conditions, a human, who has delegated a part of one's duties to the machine, becomes transparent to the artificial intelligence capable of forecasting and influencing human behavior. As a consequence, human civilization enters a new eon in which artificial intelligence might potentially gain complete control over the society. The current changes could bring about the large-scale social transformations, either by eradicating social inequality by means of an equal access to resources, or, which is more likely, by exacerbating it bringing everything under control of those in charge of "the planetary artificial intelligence".

The degree of AI autonomy or its own freedom is the most significant factor affecting the realization of both its positive and negative potential. The more freedom is given to AI, the more "unpredictable" the result could turn out to be in the process of the tasks execution; the more norms and values of a human could alter; the less "conclusions of its own" AI would be able to "rationalize" to a human. Giving AI "total freedom" could result in a human losing all of the personal freedom, even if AI is driven by the most righteous intentions to "improve" our lives.

Even if, under these conditions, the issue of AI freedom could appear to be a matter of the future, it has already become relevant in a number of domains. For instance, in a domain of AI designed for military applications, which is already employed to destroy enemy's weapons, vehicles, and manpower. In fact, machines equipped with AI elements (drones, air defense systems, missile defense systems, etc.) can select and eliminate human targets without human intervention. Nevertheless, there is a large number of less evident yet risk-related applications of AI.

Казимир В. В.

До вступу

Новий технологічний уклад, який почав формуватися з початку 21 століття під впливом стрімкого розвитку інформаційних технологій, базується на використанні кіберфізичних систем. Матеріальний світ сьогодні зливається з віртуальним, утворюючи єдину цифрову екосистему. Найважливішим фактором успішності такого руху є впровадження інтелектуальних виробничих систем, оснащених штучним інтелектом.

Очікується, що в майбутньому витрати на ІІІ зростатимуть за рахунок того, що бізнес прагне пришвидшити цифрову трансформацію та технологічний розвиток. Тож у найближчій перспективі ринок штучного інтелекту досягне

99,94 млрд доларів у 2023 р. при середньому річному зростанні 34,86%. Практичне використання ШІ буде головним чинником, оскільки підприємства гарантують, що вони заробляють гроші, використовуючи ШІ для вирішення конкретних проблем.

З огляду на такий прогноз і враховуючи наявний потенціал та виклики, що стають перед державою, найбільш пріоритетними напрямками розвитку штучного інтелекту в Україні слід вважати виробництво та оборонну сферу.

До підрозділу 7.1 розділу 7 «Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України»

Окрім кібербезпеки, значення якої неймовірно зросло в останні роки, найважливішим напрямом дослідження та впровадження штучного інтелекту в оборонній сфері слід вважати створення та використання мобільних інтелектуальних систем. Такі системи дозволять замість надзвичайно вразливого централізованого контролю із задалегідь визначеними управлінськими та ситуаційними центрами використовувати повністю розподілений системний контроль, який є стійким, надійним та динамічно структурованим.

Створення інтелектуальних мобільних систем є однією з головних концепцій організації різнорідних національних і міжнародних сил, відомих під назвами "Мозаїчні війни" та "Багатодоменні операції", які зараз активно реалізує Агентство оборонних дослідницьких проєктів DARPA (США).

Концепція "Мозаїчні війни", подібно до керамічної плитки в мозаїці, об'єднує бойові платформи разом, щоб зробити пакет сил. Мета полягатиме в тому, щоб скерувати на ворога стільки різнорідних платформ зброї та датників, що його сили будуть перевантажені. Тож головну ідею даної концепції можна висловити таким чином: узяти складність і перетворити її на асиметричну перевагу.

Завдання організації та планування розподілених мобільних систем вписується в нещодавні спільні концепції "Багатодоменних операцій". Протистояння проти рівних конкурентів означає необхідність захищати сили від загроз, які можуть надходити з будь-якого домену – наземного, повітряного, космічного, морського та/або кіберпростору. Виникає необхідність організовувати багатокомпонентні робототехнічні комплекси в інтелектуальні автономні системи (рої), що діють без центрального та зовнішнього контролю.

Особливу роль у названих концепціях відіграють безпілотні літальні апарати (БПЛА) або дрони. Зростання обсягів закупівель військових БПЛА в усьому світі є суттєвим фактором. Так загальний ринок БПЛА у 2019 році оцінювався у 19,3 млрд доларів США, і, за прогнозами, досягне 45,8 мільярда доларів США до 2025 року при показнику зростання до 15,5% на рік. Цим показникам, безумовно, сприяло також використання БПЛА в різних комерційних програмах, таких як моніторинг, зйомка та картографування, точне землеробство, дистанційне зондування з повітря та доставка продукції.

Виходячи зі сфер застосування, основними напрямками впровадження штучного інтелекту в мобільні системи, до яких належить і БПЛА, слід визнати: машинне навчання, комп'ютерний зір і розпізнавання образів, аналіз великих даних, стійкі системи зв'язку, мультиагентні технології управління та організації співтовариств автономних роботів.

Мета поєднання БПЛА і штучного інтелекту полягає в тому, щоб зробити ефективним використання великих наборів даних (наприклад, аерофотознімків) якомога більш автоматизованим і безпроблемним. БПЛА можуть розкрити весь свій потенціал тільки тоді, коли збір і аналіз даних досягають найвищого рівня автоматизації. Але слід враховувати, що поєднання БПЛА і штучного інтелекту має сенс тільки в тому випадку, якщо це економить гроші і час, що особливо важливо при військовому застосуванні. У деяких випадках традиційний комп'ютерний зір у поєднанні з машинним / глибоким навчанням все ще може бути простішим і кращим рішенням.

НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ

науково-навчального центру штучного інтелекту та кібербезпеки

1. Дослідження:

- машинне та глибоке навчання;
- комп'ютерний зір і розпізнавання образів;
- інтелектуальний аналіз великих даних;
- стійкі системи зв'язку;
- мультиагентні технології управління;
- автономні роботи;
- мобільні інтелектуальні системи;
- інтелектуальне опрацювання текстів;
- голос і мова, керовані штучним інтелектом;
- штучний інтелект у хмаринному середовищі;
- інтелектуальні системи в охороні здоров'я;
- новітні технології Індустрії 4.0;
- інтелектуальний дизайн і виробництво;
- модельно орієнтоване управління інтелектуальними виробничими системами;
- безпечний Інтернет речей;
- інтелектуальний моніторинг і прийняття рішень;
- усвідомлення та прогнозування ситуацій;
- інтелектуальні технології кібербезпеки промисловості і організацій.

2. Навчання:

- підготовка докторів філософії та докторів наук зі спеціальностей: 122 «Комп'ютерні науки», 125 «Кібербезпека», 126 «Інформаційні системи та технології»;
- підготовка магістрів за освітніми програмами в сфері штучного інтелекту;
- підвищення кваліфікації промислових фахівців і персоналу центрів кібербезпеки з питань використання новітніх інтелектуальних технологій.

3. Сертифікація спеціалістів у сфері штучного інтелекту.

До підрозділу 7.4 розділу 7 «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»

Всесвітня програма «Інтелектуальні виробничі системи», яка розпочалась наприкінці минулого століття з серії дослідницьких проєктів, зараз стала основною рушійною силою Індустрії 4.0. Інтелектуальні виробничі системи, які базуються на всебічному використанні вбудованих комп'ютерних моделей, призвели до появи кіберфізичних систем (КФС), здатних поєднувати реальний та віртуальний світ. Зараз КФС забезпечують такі інтелектуальні сфери виробництва, як автономні роботи, доповнена реальність, розширене виробництво, вертикальна та горизонтальна інтеграція, великі дані, хмаринні технології, імітаційне моделювання, індустриальний Інтернет речей і кібербезпека. Більш того, комп'ютерні моделі, які є головним чинником штучного інтелекту, безпосередньо вбудовуються в контур управління на всіх рівнях прийняття рішень: від стратегічного та тактичного планування до керування технологічними процесами.

Ураховуючи наявний інтелектуальний потенціал, найближчим часом Україна може стати регіональним лідером у цих сферах, забезпечуючи надання комплексних і високотехнологічних інженерних послуг насамперед за такими напрямками:

- програмування в сфері промислових високих технологій та створення нових програмних продуктів, включаючи нові технології Індустрії 4.0;
- дизайн (електричний, механічний, електронний, технологічний, будівельний тощо);
- промислова автоматизація, комп'ютеризація та інтелектуалізація (включаючи введення в експлуатацію промислових майданчиків);
- розробка та виробництво складної, дрібносерійної або унікальної продукції.

Для внутрішнього ринку Індустрія 4.0, наповнена рішенням штучного інтелекту, має стати каталізатором зростання промисловості, а також оборонно-промислового комплексу. При цьому величезним викликом є залучення ІТ-компаній, науки та університетів до цифрової трансформації української промисловості та енергетики. На тлі нестачі робочої сили це також може означати збільшення попиту на автоматизацію.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Найважливішою складовою екосистеми ШІ є ресурсне забезпечення науковими кадрами, інженерами та педагогічними працівниками, на яких покладаються такі завдання:

- проведення актуальних і результативних наукових досліджень з фундаментальної та прикладної тематики в сфері штучного інтелекту;

- узгодження тематики наукових досліджень щодо розвитку ІІІ в Україні з урахуванням потреб держави та суспільства;
- підтримка участі науковців у міжнародних виставках і конференціях, здійснення наукових публікацій у провідних міжнародних виданнях, відкриття нових друкованих та електронних видань з проблем ІІІ;
- відкриття нових та удосконалення наявних освітніх програм у напрямках вивчення теорії та практики ІІІ, а також їх використання в різних галузях знань;
- розробка стандартів підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів з урахуванням перспектив використання ІІІ;
- розповсюдження вже накопиченого досвіду в розробці систем ІІІ, який було отримано під час виконання програм *Темнус-4* та *Горизонт 2000*;
- відкриття окремої номінації зі ІІІ при проведенні наукових фестивалів, конкурсів стартапів і форумів;
- заохочення талановитої молоді до сприйняття та розвитку ідей ІІІ через Малу академію наук.

Kazymyr V.

To Introduction

The new era of technology, which came in the 21st century due to the rapid development of information technology, is based on cyber-physical systems. Nowadays, the physical world is merging with the digital world, forming a single digital ecosystem. The key success factor of that modification is the introduction of intelligent manufacturing systems.

In the future, AI costs are expected to rise as businesses strive to accelerate digital transformation and technological development. AI market is forecast to reach USD 99.94 billion by 2023, at a CAGR of 34.86% during the forecast period. Practical use of AI will be a major factor as businesses ensure they obtain income using AI to solve specific problems.

Considering the forecast, the existing potential, and challenges faced by the government, the manufacturing industry and the defense sector should be defined as priority areas for the development of artificial intelligence in Ukraine.

To Subsection 7.1, Section 7 Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine

In supplement to cybersecurity, the importance of which has increased incredibly in recent years, the most important direction of research and implementation of artificial intelligence in the defense sector should be considered the creation and use of mobile intelligent autonomous systems. These systems will be designed with distributed control architecture, which is secure, reliable, and dynamically structured, instead of the centralized control architecture with predetermined supervision and situational centers.

The creation of mobile intelligent autonomous systems is one of the main concepts of the organization of heterogeneous national and international forces, known as “mosaic warfare” and “multi-domain operations”, which are being actively implemented by the Defense Advanced Research Projects Agency (USA).

The concept is called “mosaic warfare”. Like the ceramic tiles in mosaics, these individual warfighting platforms are put together to make a larger picture. The aim is to utilize multiple heterogeneous warfighting platforms and sensors to gain an advantage over adversaries. Therefore, the core idea of this concept can be expressed like that: to transform complexity into an asymmetric advantage.

The arrangement of distributed control mobile systems harmonizes with the concept of “multi-domain operations”. Confronting equal competitors means the need to protect forces from threats that can come from any domain – land, air, space, sea, and cyberspace. It is essential to transform multicomponent robotic systems into UAVs with swarm intelligence operating without central and external control.

A key role is played by unmanned aerial vehicles (UAVs), or drones. The rise in the procurement of military UAVs worldwide is one of the most significant factors. Thus, the UAV market is projected to grow from USD 19.3 billion in 2019 to USD 45.8 billion by 2025, at a CAGR of 15.5% during the forecast period. The increasing use of UAVs in various commercial applications, such as monitoring, surveying and mapping, precision agriculture, aerial remote sensing, and product delivery, is also contributing to the growth of the UAV market.

Based on the scope of application, the main directions of implementation of artificial intelligence in mobile systems, which include UAVs, are machine learning, computer vision, and pattern recognition, big data analytics, reliable communication systems, multi-agent control technologies, and establishment of autonomous robot communities.

The aim is an application of artificial intelligence (AI) in unmanned aerial vehicles (UAV) to make the efficient use of large datasets (for instance, aerial photographs), which is automated and almost uncomplicated. UAVs can reach their full potential only when the data collection and analysis process reaches the highest level of automation. However, it should be kept in mind that the fusion of UAVs and artificial intelligence makes sense only if it saves money and time, which is especially important when used for military purposes. In some cases, traditional computer vision combined with machine/deep learning can still be a simpler and better solution.

AREAS OF ACTIVITY **of the Research and Training Center for Artificial Intelligence and** **Cybersecurity**

1. Research:

- machine and deep learning;
- computer vision and pattern recognition;
- data mining;
- reliable communication systems;
- multi-agent control technology;
- autonomous operations;

- mobile intelligent autonomous systems;
- intelligent text processing;
- voice and speech controlled by artificial intelligence;
- artificial intelligence and cloud computing;
- intelligent systems and healthcare;
- Industry 4.0 technology trends;
- intelligent design and manufacturing;
- model-oriented management of intelligent manufacturing systems;
- trustworthy Internet of Things;
- intelligent monitoring and decision-making;
- intelligent situational awareness and forecasting;
- intelligent cybersecurity technologies of industries and organizations.

2. Training:

- Doctor of Philosophy and Doctor of Sciences programs in specialties 122 - Computer Science, 125 - Cybersecurity, 126 - Information Systems and Technologies;
- Master's Degree programs in Artificial Intelligence;
- advanced training of professionals and personnel of cybersecurity centers on the use of the latest intelligent technologies.

3. Awarding Certificates to AI professionals.

To Subsection 7.4, Section 7 Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector

The global Intelligent Manufacturing Systems program, which was started at the end of the twentieth century with a series of research projects, has now become the core catalyst of Industry 4.0. Intelligent manufacturing systems, based on the comprehensive use of embedded computer systems, have led to the emergence of cyber-physical systems (CPSs) capable of merging real and virtual worlds. Currently, CPSs are applied in several fields such as autonomous robotics, augmented reality, manufacturing, horizontal integration and vertical integration, big data, cloud technology, simulation modeling, industrial Internet of Things, and cybersecurity. Moreover, computer models, which are the major artificial intelligence factor, are directly embedded in the control loop at all levels of decision-making: from strategic and tactical planning to technological processes control.

Considering the current intellectual potential, Ukraine can become a regional leader in these areas in the short run, ensuring comprehensive and high-tech engineering services primarily in the following areas:

- computer programming in the high-tech manufacturing industry, creation of new software products, including new technologies of Industry 4.0;
- design (electrical, mechanical, electronic, technological, construction, etc.);
- industrial automation, computerization, and intellectualization (including the commissioning of industrial zones);
- development and manufacturing of complex, small-scale, or unique products.

As for the national economy, Industry 4.0, filled with artificial intelligence solutions, is expected to foster manufacturing industry development, as well as defense industry development. However, the involvement of IT companies, science, and universities in the digital transformation of the Ukrainian manufacturing industry and power sector poses a great challenge. Moreover, labor shortage might lead to the shift to automation.

To Section 8. Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

The essential component of the AI ecosystem is the supply of scientists, engineers, and pedagogical employees, who are entrusted with the following tasks:

- to conduct relevant and effective fundamental and applied AI research;
- to coordinate the scientific research on the development of AI in Ukraine with the needs of government and society;
- to support the participation of scientists in international exhibitions and conferences, to publish scientific papers in reputable international journals, to start a new paper or digital journals on AI problems;
- to start new educational programs and to improve existing ones that deal with AI theory and practice, as well as AI applications in various fields of knowledge;
- to develop standards for postgraduate education and bachelor's degree programs, taking into account the benefits of AI applications;
- to share your experience in AI systems development, which has been acquired during the implementation of Tempus IV and Horizon 2000 programs;
- to create AI awards to be presented at scientific festivals, startup competitions and forums;
- to encourage the talented youth to perceive and develop AI ideas at the Junior Academy of Sciences of Ukraine.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

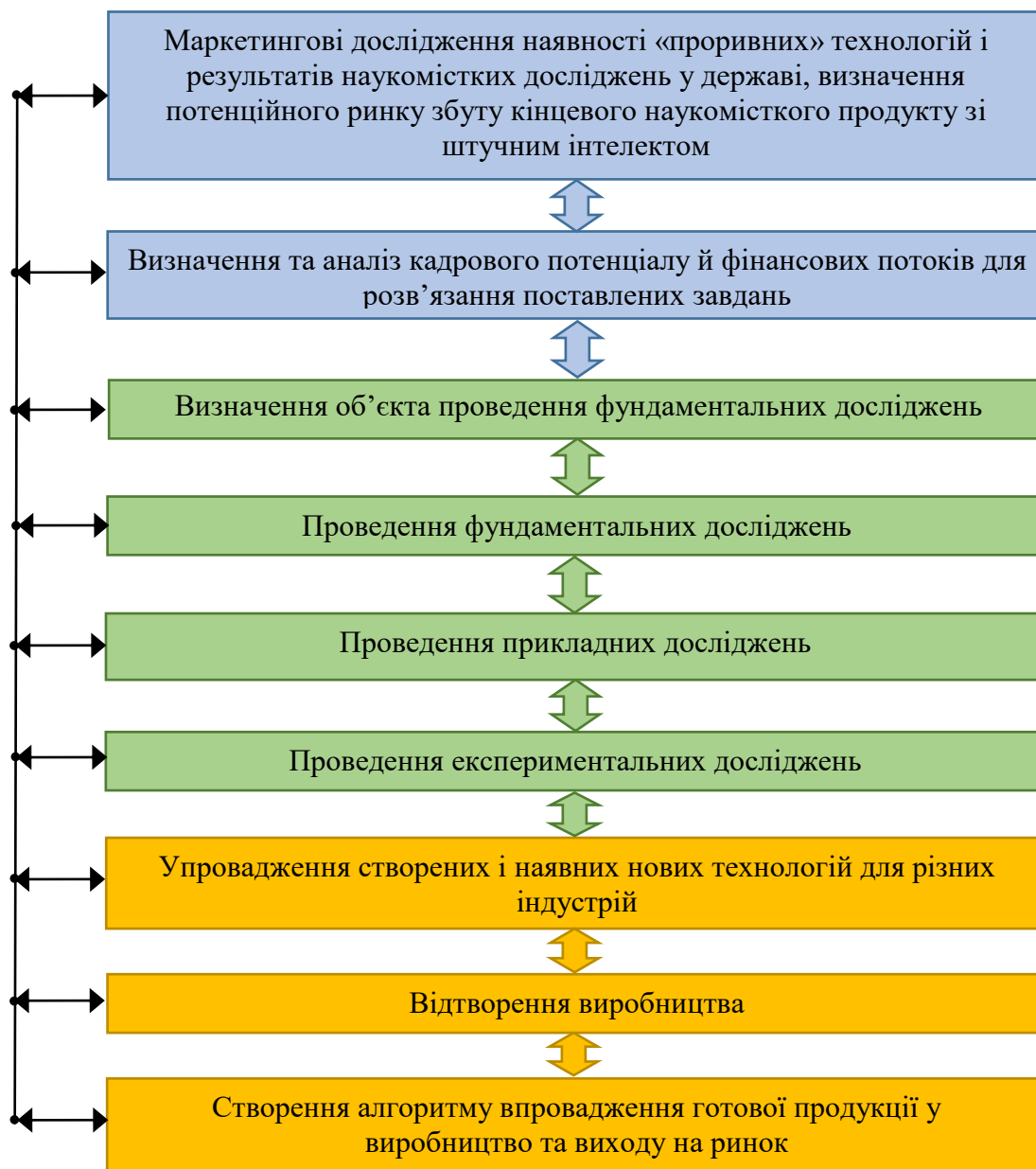


Рис. 1. Безперервний ланцюг проведення, комерціалізації та впровадження наукових досліджень

To Section 8. Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

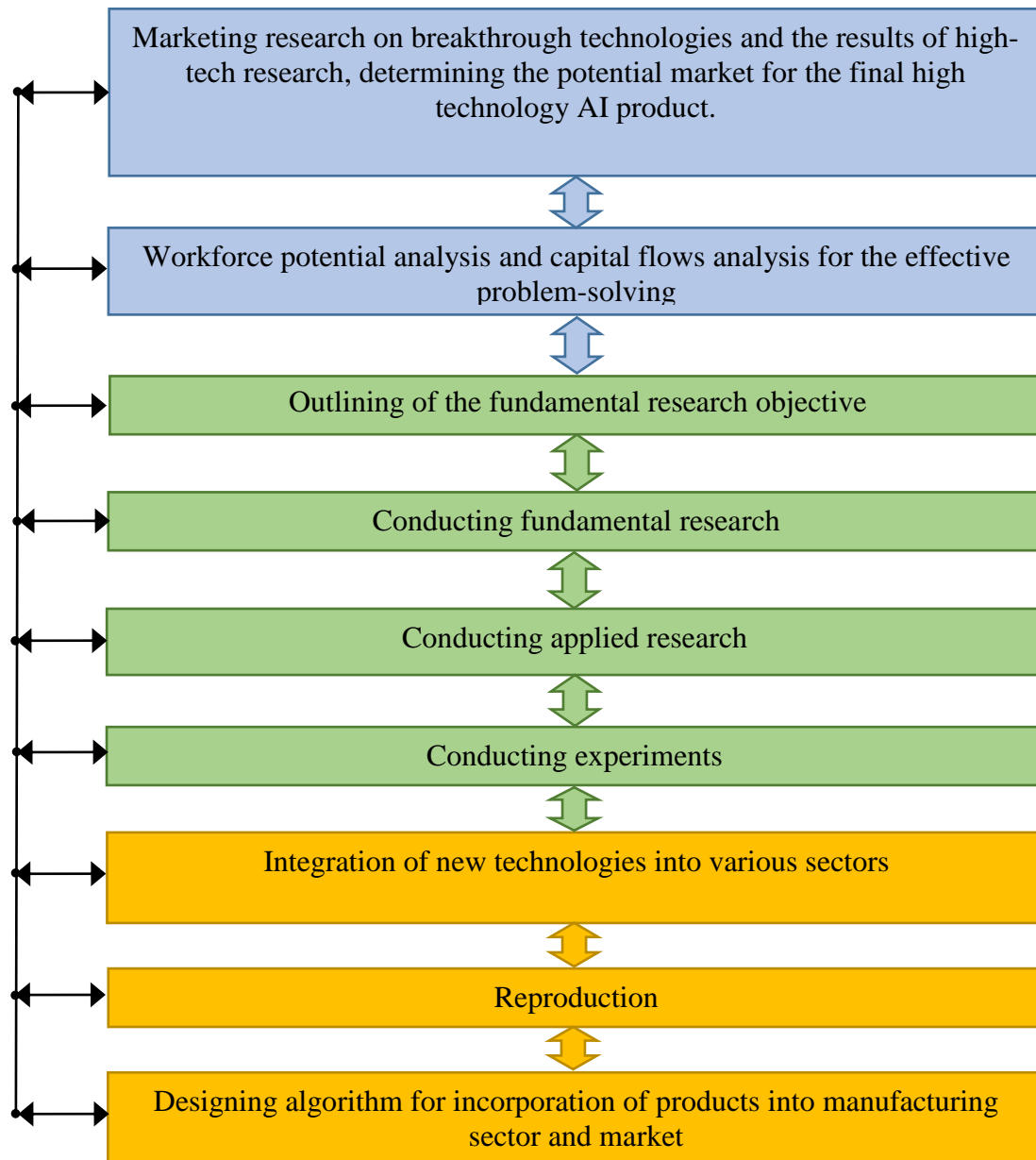


Fig. 1. Conducting, commercializing and integrating scientific research

До підрозділу 7.4 розділу 7 «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»

Забезпечення розвитку виробничо-економічних систем різного призначення потребує врахування таких особливостей:

1. Потік замовлень на продукцію виробничо-економічних систем є багатомономенклатурним, малосерійним та індивідуальним і має необмежене призначення.
2. Обладнання майбутніх виробничо-економічних систем повинно мати необмежену операційну гнучкість одночасно з цільовим функціональним призначенням.
3. Завдання функціональної діагностики повинні бути спрямовані на швидкодію та отримання постійно оновлюваної інформації про сильно- та слабкоформалізовані фактори, що діють у системах.
4. Інформаційне забезпечення повинно базуватися на отриманні та опрацюванні великих масивів даних у реальному часі [3].

Наприклад, перспектива застосування мобільних інтелектуальних роботів дає змогу поглянути на умови організації виробничого процесу цеху щодо мобільності не тільки з боку гнучкості технологічних можливостей обладнання. Також з'являється можливість переміщення технологічного обладнання (мобільних інтелектуальних технологічних машин) за потребою на виробничі ділянки для виконання технологічних операцій або на збиральну ділянку для перекомпонування. Зміна номенклатури виробів призводить до зміни вимог щодо компоновання ділянок цеху. Таким чином, традиційні схеми організації виробництва з устаткуванням, яке встановлено на фундаментах, є неприйнятними. Але обладнання різного призначення можна побудувати на базі рухливих механізмів паралельної структури, забезпечуючи не тільки велику апаратну гнучкість, але й функціональну адаптивність на основі багатоканального та багатоконтурного управління за допомогою систем автоматичного керування [4]. Управління виконавчими рухами технологічних машин з механізмами паралельної структури являє собою складне завдання, вирішення якого можна отримати на основі розв'язання задач кінематики та динаміки виконавчих механізмів. У результаті можуть бути створені умови для точного позиціонування робочих органів виконавчих механізмів при оптимальних швидкостях і прискореннях їхніх рухів по заданій траєкторії. При цьому виникає потреба забезпечити автоматичну діагностику внутрішнього та зовнішнього соціально-економічного оточення виробничих систем. Для цього системи управління повинні бути оснащені інформативними системами ідентифікації об'єктів [5].

Усе це формує уявлення про мережевий характер побудови виробничих систем, де виробничі ділянки створюються за миттєвим замовленням. Обладнання має вигляд мобільних інтелектуальних технологічних машин, які компонуються відповідно до виробу, що потрібно виготовити. Наступне

замовлення потребує реалізації циклу розбірки та збірки нових конфігурацій цих машин [6; 7].

Мережевий характер компонування реконфігуровного обладнання може передбачати вільне розміщення обладнання без прив'язки до певного місця. При цьому зростає необхідність постійного вирішення завдань логістики.

Це зумовлює потребу створити системи штучного інтелекту, оскільки людина неспроможна розв'язувати складні завдання оптимального управління постійно переналагоджуваними реконфігуровними системами технологічних машин. Тому проривним вирішенням проблеми побудови виробничо-економічних систем майбутнього мають стати принципово нові апаратні та програмні засоби операційної системи штучного інтелекту у вигляді розподіленого в тотальній системі інтелектуального комп'ютера. Така концепція перспективного розвитку всіх складових економічних систем – виробничих і соціальних – передбачає повну інтеграцію елементів інтелектуального комп'ютера з елементами виробничих систем.

Цифрове виробництво на основі штучного інтелекту як упровадження концепції Індустрії 4.0 у вітчизняне промислове виробництво

Один з основних чинників, які стримують ріст промислового виробництва, – це витратний принцип комплектування технологічних систем, який можна ліквідувати, створивши **переналагоджувані технологічні системи** на основі засобів штучного інтелекту та інтелектуальних систем управління. Оскільки зростання гнучкості систем управління технологічним обладнанням значно випереджає і надалі випереджатиме гнучкість механічної частини технологічного обладнання, слід створювати універсальну систему реконфігуровного технологічного обладнання, зокрема на основі механізмів паралельної структури і принципу конструктивної гнучкості, поступово заміщаючи ними традиційні засоби автоматизації виробничих процесів.

Таким чином, відбувається стрімке зростання складності виробів – насамперед тих, які претендують на конкурентоспроможність в рамках глобальних ринків. Відповідно зростає і складність технологій, за допомогою яких створюються ці вироби, - але з деяким відставанням від підвищення складності самих виробів, оскільки для розвитку технологій потрібні додаткові вкладення і час. Відбувається експоненційний ріст технологій, а щоб виробляти глобально конкурентоспроможну продукцію в умовах завжди жорстко обмежених часових і фінансових ресурсів, необхідно використовувати нові технології, які вплинуть на виробництво в майбутньому: цифрове виробництво, моделювання та інтеграція, високопродуктивні обчислення, технології зберігання й аналізу великих даних, штучний інтелект, нові виробничі технології, технології сенсорики, виробництва компонентів робототехніки, технології віртуальної і доповненої реальності. До ключових компетенцій штучного інтелекту, без яких формувати «розумні» моделі неможливо, належать такі:

1. **Кастомізація.** «Розумна» модель завжди формується з найкращих технологій світового рівня. Ця компетенція передбачає одночасно здатність миттєво

відгукнутися на запит замовника, який сам визначає коло використовуваних технологій, і здатність розв'язати інженерно-технологічну проблему, що є викликом для замовника, якому неважливо, за допомогою яких технологій це буде зроблено.

2. **Системна інженерія.** У кожен момент часу необхідно тримати в полі зору всю систему і всі її взаємодіючі компоненти, щоб не ставалося такого, коли поліпшення характеристик одного компонента тягне за собою погіршення характеристик іншого. Це особливо важливо через те, що в кінцевому підсумку конкурентоспроможність виробу визначається його найбільш слабкими компонентами, а не тими, які спроектовані або вироблені на світовому рівні.
3. **Багаторівнева матриця цільових показників і ресурсних обмежень.** Така матриця містить десятки тисяч (приблизно 40000 – 60000) цільових показників і вимог до продукту в цілому, до його компонентів і деталей окремо, а також ресурсних обмежень. Багаторівнева матриця цільових показників і ресурсних обмежень дає змогу гнучко реагувати на дії конкурентів, а значить у кінцевому підсумку враховувати тріаду вимог сучасного глобального ринку – скорочення часу прийняття рішень (англ. *Time-to-Decision, T2D*), їх виконання (англ. *Time-to-Execution, T2E*) і виведення продукції на глобальний ринок (англ. *Time-to-Market, T2M*).
4. **Валідація «розумних» моделей у цифрову форму.**
5. **Цифрова сертифікація.** У рамках «розумних» моделей відбуваються десятки тисяч віртуальних випробувань кожного компонента (вузла, деталі, механізму, сполучення тощо), матеріалів і всієї системи в цілому. Це дає змогу керувати поведінкою буквально кожного кубічного міліметра конструкції та контролювати його на всіх етапах життєвого циклу.
Створення інтелектуального цифрового виробництва призведе до вдосконалення технологічних процесів і системи організації виробництва і дасть можливість об'єднати ці системи в межах мережевого простору підприємства на базі ключових параметрів таких систем. Результатами цих нововведень можуть стати поліпшення умов праці, зростання якості продукції, скорочення потреби в робочій силі і систематичне підвищення прибутку.

Kovalevsky S.

To Subsection 7.4, Section 7 Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector

Ensuring the development of production and economic systems for various purposes requires taking into account such features.

1. The flow of orders placed for products of economic systems is multi-nomenclature, small-series, individual, and has an unlimited purpose.
2. The equipment of future production and economic systems should have the unlimited operational flexibility and intended functional purpose.

3. The tasks of functional diagnostics should be aimed at the speed of response and constantly updating information about highly and poorly formalized factors operating in systems.
4. Information support should be based on receiving and processing large data sets in real-time [3].

For example, the prospect of using mobile intelligent robots makes it possible to consider the conditions of the organization of the production process of the workshop with regard to mobility not only from the perspective of view of the flexibility of the technological capabilities of the equipment. It is also possible to move technological equipment (mobile intelligent technological machines) as needed to production sites for technological operations or to the assembly site for reassembly. A change in the nomenclature of products leads to a change in the requirements for the layout of shop sections. Thus, traditional production organization schemes with equipment installed on foundations are unacceptable. However, equipment for various purposes can be built on the basis of mobile mechanisms of a parallel structure, providing not only great hardware flexibility but also functional adaptability based on multi-channel and multi-loop control using automatic control systems [4]. Controlling executive movements of technological machines with mechanisms of a parallel structure is a complex task, the solution of which can be obtained on the basis of solving problems of kinematics and dynamics of executive mechanisms. As a result, conditions can be created for accurate positioning of the working bodies of executive mechanisms at optimal speeds and accelerations of their movements along a given trajectory. At the same time, there is a need to provide automatic diagnostics of the internal and external socio-economic environment of production systems. For this, management systems should be equipped with informative object identification systems [5].

All this forms an idea about the network nature of the construction of production systems, where production sites are created on an instant order. The equipment takes the form of mobile intelligent technological machines that are arranged according to the product to be manufactured. The next order requires the implementation of a cycle of disassembly and assembly of new configurations of these machines [6; 7].

The networked nature of the layout of reconfigurable equipment can allow for free placement of equipment without being bounded by a specific location. At the same time, the need to constantly solve logistics problems is increasing.

This leads to the need to create artificial intelligence systems since a person is unable to solve complex tasks of optimal management of constantly reconfigurable systems of technological machines. Therefore, fundamentally new hardware and software tools of the operating system of artificial intelligence in the form of an intelligent computer distributed in the total system should become a breakthrough solution to the problem of building production and economic systems of the future. Such a concept of perspective development of all components of economic systems – industrial and social – involves the full integration of elements of an intelligent computer with elements of production systems.

Digital production based on artificial intelligence as the implementation of the concept of Industry 4.0 in domestic industrial production.

One of the main factors restraining the growth of industrial production is the costly principle of assembling technological systems, which can be eliminated by creating reconfigurable technological systems based on artificial intelligence and intelligent control systems. Since the growth of the flexibility of technological equipment control systems significantly outpaces and will continue to outpace the flexibility of the mechanical part of the technological equipment, a universal system of reconfigurable technological equipment should be created, in particular, based on the mechanisms of the parallel structure and the principle of structural flexibility, gradually replacing traditional means of automating production processes with them.

Thus, there is a rapid increase in the complexity of products - primarily those that claim to be competitive in global markets. Accordingly, the complexity of the technologies with which these products are created also increases - but with some lag behind the increase in the complexity of the products themselves, since the development of technologies requires additional investment and time. There is an exponential growth of technologies, and to produce globally competitive products in conditions of always strictly limited time and financial resources, it is necessary to use new technologies that will affect production in the future: digital production, modeling, and integration, high-performance computing, technologies for storing and analyzing big data, artificial intelligence, new production technologies, sensor technologies, production of robotics components, virtual and augmented reality technologies. The key competencies of artificial intelligence, without which it is impossible to form "smart" models, include the following.

1. **Customization.** A "smart" model is always formed from the best world-class technologies. This competence implies both the ability to instantly respond to the request of the customer, who themselves determine the range of technologies used, and the ability to solve an engineering-technological problem, which is a challenge for the customer, who does not care with which technologies it will be done.
2. **System engineering.** At every moment of time, it is necessary to keep in view the entire system and all its interacting components, so that it does not happen when the improvement of the characteristics of one component entails the deterioration of the characteristics of another. This is especially important because ultimately a product's competitiveness is determined by its weakest components, not those that are designed or manufactured at a world-class level.
3. **Multi-level matrix of target indicators and resource limitations.** Such a matrix contains tens of thousands (approximately 40,000 - 60,000) of target indicators and requirements for the product as a whole, for its components and parts separately, as well as resource limitations. The multi-level matrix of target indicators and resource limitations makes it possible to respond flexibly to the actions of competitors, which means ultimately taking into account the triad of requirements of the modern global market – reducing the time-to-decision, T2D), time-to-execution, T2E, and time-to-market, T2M).
4. **Validation of "smart" models in the digital form.**
5. **Digital certification.** Within the framework of "smart" models, tens of thousands of virtual tests of each component (node, part, mechanism, connection, etc.), materials and the entire system as a whole take place. This makes it possible to

control the behavior of literally every cubic millimeter of the structure and control it at all stages of the life cycle.

The creation of intelligent digital production will lead to the improvement of technological processes and the system of production organization and will provide an opportunity to combine these systems within the network space of the enterprise based on the key parameters of such systems. The results of these innovations can be the improvement of working conditions, the increase in product quality, the reduction of the need for labor and a systematic increase in profits.

Кондратенко Ю. П., Стрюк О. С., Козлов О. В., Сіденко Є. В.

До розділу 1 «Парадигма»

Промисловість України стикається з жорсткою глобальною конкуренцією, що поєднується з труднощами у фінансуванні інвестицій з високим ризиком у складних технологічних сферах, включаючи інформаційні та комп'ютерні технології. Заважає також старіння інфраструктури, включаючи техніку, яка не готова до оцифрування, а також відсутність можливостей масштабування та дифузії технологій.

Разом з тим, за останнє десятиріччя Україна суттєво зміцнила свої позиції як активний учасник світової спільноти ШІ.

За рейтингом *Artificial Intelligence Industry in Eastern Europe 2018* компанії *Deep Knowledge Analytics*, Україна входить до трійки лідерів серед країн Східної Європи за кількістю компаній, що працюють у сфері ШІ. У цьому рейтингу перше місце посіла Росія (133 компанії), друге – Польща (110 компаній), третє – Україна (57 компаній).

За рейтингом *Government AI Readiness Index 2020*, який оцінює готовність урядів щодо впровадження штучного інтелекту, Україна посідає 57-е місце серед 172 країн з індексом 49,901 (для порівняння, лідер рейтингу, США, має індекс 85,479). За цим рейтингом Україна має такі показники: бачення – 50 балів, наявність даних – 66,56, етика – 51,27, інноваційність – 41,53, розмір – 22,87, інфраструктура – 41,35, людський капітал – 42,39. Найвищий показник за репрезентативністю даних – 84,17.

Також Україна за останні кілька років значно просунулася в плані публікації відкритих даних. Наразі у світовому рейтингу *Global Open Data Index* Україна посідає 31-е місце⁹.

Хоча сьогодні ще рано говорити про абсолютно лідерські позиції нашої країни в царині ШІ, але при правильно обраній стратегії розвитку та її динамічному корегуванні відповідно до викликів і поставлених завдань, наша держава має хороші перспективи посилити свою роль у цій галузі і досягти статусу провідного гравця.

Існує нагальна потреба у зростанні інвестицій в Україну. Є потреба інтегрувати горизонтальну промислову та інноваційну політику з галузевою та

⁹ Global Open Data Index. Tracking the State of Open Government Data. URL: <https://index.okfn.org/>.

технологічною, щоб сприяти промисловій трансформації до економіки знань шляхом посилення наявності високотехнологічних секторів, одночасно сприяючи модернізації низько- та середньотехнологічних секторів та їх здатність засвоювати нові технології. Державні інвестиції України в науково-дослідні та конструкторські роботи у цифрових технологіях значно менші, ніж у провідних індустріальних країнах, а в таких високотехнологічних сферах, як штучний інтелект, державні та приватні інвестиції в Україну у десятки разів менші.

До підрозділу 2.2 розділу 2 «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

Проблема створення *загального штучного інтелекту*, тобто штучного агента, здатного на міркування та самоусвідомлення – це завдання більше з області програмування, ніж комп'ютерної інженерії. Для створення повноцінного штучного інтелекту насамперед необхідна принципово нова програмно-алгоритмічна архітектура, високорівневе бачення реалізації цього завдання за допомогою програмування і систем глибокого навчання.

Потужності сучасних комп'ютерів і суперкомп'ютерів уже дозволяють ефективно здійснювати надскладні математичні операції і давно перевершили людський інтелект з погляду обчислювальних можливостей – проте, незважаючи на високу обчислювальну здатність, комп'ютери не є інтелектуальними агентами. Обчислювальна здатність є лише компонентом інтелекту і її збільшення безпосередньо не спричиняє виникнення інтелекту.

На наш погляд, фокус зусиль доцільно змістити з «обчислювальної машини наступного покоління» з точки зору комп'ютерної інженерії на дослідження програмно-алгоритмічних методів: це нові підходи і парадигми програмування, машинне і глибоке навчання, нові архітектури ШІ, інноваційні алгоритми.

Мозок людини є найбільш довершеним зразком інтелекту з усіх відомих людству. Вважаємо, що мозок людини і ссавців є оптимальним прототипом для дослідження інтелекту, як прикладу природної інженерії. Проте, оскільки феномен інтелекту як такого досі залишається недослідженим у повному обсязі, слід уникати обмежень і також спрямувати науково-дослідницькі зусилля на вивчення інших інтелектуальних біологічних агентів – таких, як, наприклад, одноклітинні еукаріоти або віруси.

До розділу 3 «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)»

Мета Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні – розробка, розвиток та широке впровадження технологій штучного інтелекту в усі сфери діяльності загальнодержавного значення та суспільного життя для побудови конкурентоспроможної економіки України, забезпечення сталого зростання добробуту і якості життя населення, вдосконалення системи державного управління, забезпечення національної безпеки та правопорядку.

Предмет Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні – методи і засоби розробки та впровадження технологій штучного інтелекту в промисловості, економіці, транспорті та інфраструктурі, науковій діяльності, медицині, сільському господарстві, екології, оборонній промисловості тощо.

Необхідно визначити напрями популяризації, підтримки та розвитку спільноти навколо штучного інтелекту: це буде сприяти залученню до сфери ШІ спеціалістів з інших наукових та професійних галузей, а також зацікавлених осіб з різних верств населення, *незалежно від віку*.

Слід створити електронний реєстр організацій, компаній, проєктів і дослідницьких груп, які спеціалізуються на вивченні та розробці штучного інтелекту.

Необхідно розробити ефективну та постійно діючу програму моніторингу інформації, що стосується штучного інтелекту: новини (як технічного, так і етичного характеру), відстеження наукових відкриттів і досліджень та їх *обов'язковий аналіз*, щоденний обмін інформацією зі світовою спільнотою, провідними міжнародними організаціями та науковими інституціями.

Варто поставити амбітну мету лідерства України як держави, що може входити у топ-50 країн-флагманів у царині штучного інтелекту. Враховуючи потужний спадок технічної освіти, наукових програм і промисловості, що Україна отримала від УРСР, а також провідні позиції України на сучасному світовому ринку інформаційних технологій, лідерські позиції нашої держави в цьому напрямку слід вважати цілком досяжними навіть у короткостроковій перспективі (10 років).

До підрозділу 7.1 розділу 7 «Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України»

Перспективи впровадження робототехніки

Частково автономні або дистанційно керовані роботи необхідні для вирішення завдань з розмінування, дослідження рівня забруднення або отруєння довкілля токсичними або радіоактивними речовинами, дослідження та зондування потенційно небезпечних об'єктів.

У військово-оборонній сфері вже використовуються гусеничні та колісні безпілотні ударно-транспортні апарати, що дозволяють виконувати складні тактичні завдання у вкрай небезпечних для людини умовах. Як приклад можна навести безпілотні ударні апарати «Фантом» і «Фантом 2» виробництва «СпецТехноЕкспорт», озброєні кулеметами калібру 12,7 мм і модулем запуску ракет РС-80. Їх можна використовувати для розвідки, вогневої підтримки, евакуації поранених, доставки боєприпасів, ремонтних робіт тощо.

Одним з головних завдань на сьогодні є розвиток ударних і ударно-розвідувальних безпілотних літальних дронів, нарощування кількості та збільшення модифікацій яких дозволить суттєво зміцнити загальну обороноздатність українського силового сектору (ЗСУ, СБУ, НГУ, ПСУ, поліція). У цьому напрямі доцільно переймати досвід США (*RQ-1 / MQ-1*

Predator) і Туреччини (*Bayraktar TB2 / TB3*), ударні дрони яких уже продемонстрували високий рівень ефективності у складних бойових операціях.

До підрозділу 7.4 розділу 7 «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»

Перспективи впровадження робототехніки

Упровадження промислових роботів є одним із головних рушіїв економіки. Промислові роботи здатні виконувати широкий діапазон функцій: зварювання, фарбування, пресування, ливарне виробництво, транспортно-складські завдання. З огляду на розвинений промисловий сектор України, більш інтенсивне впровадження робототехніки буде сприяти збільшенню сукупних економічних показників. У промисловому напрямі Україні доцільно співпрацювати з міжнародною організацією *International Federation of Robotics*.

Особливу увагу необхідно зосередити на можливості інтенсивного впровадження систем штучного інтелекту й інтелектуальних агентів (роботів) у різних галузях промисловості.

Роботи можуть багаторазово виконувати дії без критичних помилок і розробляти більш компетентні виробничі моделі для вирішення завдань автоматизації. Вони також здатні самостійно усувати людські помилки та забезпечувати вищий рівень якості.

Апробація та застосування інтелектуальних методів управління в системах автоматизації різнотипних робототехнічних та рухомих об'єктів промислових підприємств України є одним з перспективних напрямів упровадження технологій ШІ в промисловості. За цим напрямом проводяться дослідження з розробки та реалізації інтелектуальних систем управління, а також керувальних пристроїв виконавчого, тактичного та стратегічного рівнів, які базуються на штучних нейронних мережах, нечітких системах та гібридних нейро-нечітких мережах. Це сприятиме автоматизації різнотипних робототехнічних і рухомих технічних об'єктів промисловості і підвищить їхню ефективність функціонування. Також розробляються нові методи синтезу та оптимізації високоефективних інтелектуальних систем автоматичного управління, які базуються на біоінспірованих еволюційних і мультиагентних підходах та алгоритмах глобальної оптимізації.

До робототехнічних і рухомих об'єктів промисловості належать: виробничі роботи-маніпулятори (технологічні, підйимально-транспортні, допоміжні, універсальні тощо), багатоцільові мобільні роботи (інспекційні, для переміщення інструментів та виконання технологічних операцій в малодоступних та небезпечних для людини місцях), безпілотні транспортні засоби (безпілотні автомобілі, складські автотранспортувачі, дрони, літальні та підводні апарати тощо) і под.

Наприклад, багатоцільові мобільні роботи з електромагнітними притискними пристроями, які здатні переміщуватися по похилих і вертикальних феромагнітних поверхнях, застосовують для переміщення різних робочих

інструментів по заданих траєкторіях з метою автоматичного виконання технологічних операцій очищення, видалення іржі, фарбування, зварювання тощо в суднобудуванні, судноремонті, газо- і нафтопереробці та в інших галузях промисловості. Мобільні роботи такого класу є складними технічними об'єктами, для автоматизації яких досить ефективно застосовують нейронні, нечіткі та нейро-нечіткі системи автоматичного управління. Серед найбільш важливих і складних завдань автоматизації таких мобільних роботів є автоматичне керування просторовим рухом на феромагнітних поверхнях різних типів з обходом перешкод при забезпеченні високої якості виконання певної технологічної операції.

Штучний інтелект набуває поширення і в освоєнні космосу, демонструючи потужний потенціал у дослідженні міжзоряного простору за допомогою інноваційних рішень і технологій: це системи аналізу масивів супутникових даних, самокеровані планетарні ровери, автономні космічні зонди, інтелектуальні системи автоматичного керування ракетами, розумні системні інтерфейси пілотованих космічних кораблів.

На сьогоднішній день проводяться розробки у сфері проектування віртуальних асистентів для космонавтів, які працюють на інтелектуальних алгоритмах змішаного типу та дозволяють значно прискорити й полегшити виконання прикладних і дослідницьких завдань різного діапазону складності. Як приклад можна навести проєкт *SIMON* – робот-асистент, який уже пройшов випробування на Міжнародній космічній станції (був доставлений туди в 2019 році).

Аналіз даних при плануванні космічних місій завжди був складною процедурою, що базувалась на великих масивах даних і зазвичай проводилась експертами. На сьогодні для завдань аналізу та прогнозування використовують штучні нейронні мережі, які дають змогу виявляти раніше приховані від людського ока закономірності в даних і більш ефективно використовувати набуті на основі такого аналізу знання.

Супутникові технології також тісно взаємодіють із інтелектуальними системами, що дає змогу більш «розумно» опрацьовувати отримані дані та покращувати діагностичні системи, які здійснюють моніторинг і діагностику «здоров'я» сателітів.

Системи штучного інтелекту також знаходять своє застосування в космічній навігації. Аналіз величезних масивів фотографічних даних, інструментально отриманих за допомогою телескопів, дозволяє створювати інтелектуальні системи навігації, які дають змогу краще досліджувати космос, відкривати нові зоряні об'єкти та прокладати маршрути для космічних зондів.

Неабиякий вплив технологій ШІ спостерігається в сучасній інструментальній та спостережній астрономії. Нейронні мережі допомагають покращувати фотографічні зображення, отримані телескопами, краще аналізувати статистичні дані, створювати синтетичні зразки для наборів даних, використовуваних для навчання спеціалізованих нейронних мереж, які застосовують для розв'язання різноманітних астрономічних завдань (*Fader, Spatial GAN, Morpheus*).

Додаткові переваги використання ШІ в промисловості. За останні десятиліття ШІ та промислова автоматизація суттєво еволюціонували. Відбулося ефективне впровадження багатьох інноваційних підходів, таких як використання «розумних» сенсорів і датчиків, збільшення обчислювальних потужностей. ШІ допомагає машинам збирати й отримувати великі обсяги корисних даних, виявляти складні та приховані закономірності, адаптуватися до нових тенденцій за допомогою машинного інтелекту, навчання та розпізнавання природної мови. Це також допомагає оперативно приймати рішення, що базуються на даних та їх аналізі, підвищувати ефективність промислових процесів, мінімізувати експлуатаційні витрати, сприяти більш швидкій розробці продукції та забезпечувати гнучку адаптивність.

Можливість роботи 24/7. Оскільки людям необхідно працювати позмінно, щоб забезпечити час відпочинку та харчові перерви, роботи на базі ШІ можуть працювати на виробничій лінії безперервно. Підприємства можуть розширити свої виробничі можливості та задовольнити більш високі вимоги до продукції від світових споживачів завдяки посиленій інтенсивності виробництва.

Безпечніше процедурно-експлуатаційне середовище. Збільшення компонентів ШІ у виробничих процесах означає меншу кількість працівників, які виконують небезпечну, шкідливу та стресову роботу. Інакше кажучи, зі зменшенням кількості людей і збільшенням кількості роботів, які виконують діяльність, пов'язану з ризиком для життя та здоров'я, кількість нещасних випадків на виробництві повинна різко зменшитися. ШІ також відкриває широкі можливості для розвідки корисних копалин, оскільки підприємствам та компаніям більше не доведеться ризикувати людськими життями.

Зменшення операційних витрат. Оскільки системи ШІ охоплюють все більше й більше сегментів повсякденної діяльності людини у сфері промисловості, бізнес отримує значно нижчі експлуатаційні витрати. Замість того, щоб тільки наймати людей для роботи по змінах, компаніям та підприємствам варто інвестувати в ШІ. Єдині витрати пов'язані з технічним обслуговуванням систем ШІ після придбання та введення в експлуатацію устаткування.

Фактори, що впливають на навколишнє середовище. Автономні транспортні засоби потенційно набагато менш шкідливі для навколишнього середовища. Їх можна запрограмувати на найефективніший маршрут і зменшити час простою, що може призвести до зменшення споживання пального та радикально зменшити рівень викидів парникових газів. Це ж стосується і важкої техніки, що використовується у промисловості. ШІ може багаторазово повторювати послідовність процедур з високою точністю, в той час як люди схильні до випадкових помилок.

До підрозділу 7.7 розділу 7 «Штучний інтелект у сільському господарстві»

Перспективи впровадження робототехніки

Агропромисловий комплекс завжди був важливим компонентом економіки України і її сильною стороною. Населення Землі зростає, що ставить перед об'єднаним цивілізованим світом важливе завдання, що межує з викликом – забезпечення людства якісними продуктами харчування.

У сільському господарстві потрібно широко застосовувати агропромислові дрони, які допомагають боротися зі шкідниками, визначати точні площі культур, здійснювати аудит та інвентаризацію земельних ділянок, визначати наявність дефектів у посівах, проводити аналіз урожайності посівів, здійснювати моніторинг і контроль систем меліорації, автоматизувати процеси посіву і збору врожаю.

Яскравим прикладом впровадження безпілотних літальних апаратів є М-6 «Жайвір» – дрон дистанційного керування українського виробництва, призначений для біологічного захисту рослин, картографії, аерофотозйомки і відеоспостереження в реальному часі.

Інноваційні розробки за цим напрямом також проводять США (*Harvest Automation*) і Австралія (*Australian Centre for Field Robotics*), інженерні рішення яких демонструють вражаючі результати.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Підготовка кадрів в екосистемі ШІ на теперішній час не актуалізована, вона відбувається за рахунок фахівців зі споріднених галузей (математика, статистика, системний аналіз і т. ін.). У чинному «Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» від 29 квітня 2015 р. № 266 згадки про штучний інтелект відсутні. Отже, необхідно включити профільну спеціальність у перелік і розробити відповідну навчальну програму. Доцільно також зробити акцент на посиленні розвитку програм «дуальної» освіти. Щодо наукового забезпечення, то серед затверджених постановою президії Вищої атестаційної комісії України №13-08/9 від 20.09.2000 року є паспорт наукової спеціальності 05.13.23 «Системи та засоби штучного інтелекту». Але, зважаючи на дату прийняття зазначеної постанови, необхідно її переглянути й актуалізувати паспорт цієї спеціальності.

Потрібно розробити ефективну систему перепідготовки кадрів у вищій освіті та сучасних програм *підвищення кваліфікації* для спеціалістів з інших галузей (технічних, природничих, гуманітарних).

Необхідно розробити концепцію кластеризації, доступності та відкритості наукових проєктів у сфері ШІ, створити можливість для магістрантів, аспірантів і докторантів долучатися до поточних *колективних* профільних досліджень відповідних наукових груп у сфері ШІ.

Одним із важливих чинників прогресу ШІ в Україні є органічний розвиток профільної спільноти, яка б могла об'єднувати професіоналів і ентузіастів будь-якого віку та рівня підготовки. Українська спільнота ШІ *вже* розвивається стихійно, майже незалежно від ролі держави, і ситуативно взаємодіє з державними організаціями.

Виникла необхідність у створенні спеціальних (в першу чергу електронних) майданчиків для *стратегічної комунікації* серед учасників спільноти ШІ: спеціалізований сайт проєкту (можливо з форумом та формою для зворотного зв'язку), сторінки у популярних в Україні соціальних мережах для двосторонньої взаємодії зі спільнотою (*Twitter, Facebook, Instagram*).

Це дозволить залучати до співпраці та плідної взаємодії учасників різноманітних платформ ШІ, стартапів, компаній та окремих зацікавлених осіб (включаючи грантодавців, спонсорів та інвесторів).

Використання методів *open-source* та *crowdsourcing* для реалізації важливих проєктів, як суто прикладного спрямування (математичного, програмного, інженерного) – коли створюваний продукт є відкритим/частково відкритим та над ним можуть працювати усі охочі *після відповідної реєстрації та отримання допуску*, так і організаційного – коли спільнота колективно працює над важливими програмними документами, текстами конвенцій, методиками, концепціями і т. д. Тобто головна ідея полягає в модерновій прозорості та взаємодії.

Активна спільнота ШІ буде сприяти розвитку ШІ в Україні за різними напрямками та просувати нашу державу на науково-технологічній міжнародній арені, і не в останню чергу – завдяки збільшенню кількості українських наукових публікацій на тему ШІ в провідних рецензованих виданнях та збільшенню індекса цитованості статей українських учених.

Важливо також скоординувати зусилля для залучення українських спеціалістів, ентузіастів та активної молоді (як єдиного товариства, об'єданого ідеєю ШІ) до участі в платформі «**AI for Good Global Summit**», яка є одним з головних майданчиків Організації Об'єднаних Націй, присвячених проблемам штучного інтелекту.

Науково-теоретичне забезпечення розвитку штучного інтелекту передбачає:

- вироблення загальної теорії штучного інтелекту, узгодження його поняттєвого апарату з національними та міжнародними нормативно-правовими актами;
- вироблення філософії штучного інтелекту;
- вивчення та впровадження міжнародного теоретичного досвіду в сфері ШІ;
- дослідження, розробка, вдосконалення та оптимізація математичних моделей і математичного апарату ШІ.

Практичне впровадження технологій штучного інтелекту передбачає:

- реалізацію освітніх програм у сфері ШІ та їх постійну модернізацію на рівні Міністерства науки і освіти України;

- запровадження програм заохочення та грантів для закладів освіти, їх орієнтація на STEM-дисципліни (science, technology, engineering, and mathematics);
- на рівні Національної академії наук України – науково-дослідницьке, апаратно-технічне й експериментальне забезпечення, співпраця зі спеціалізованими факультетами та кафедрами, до сфери наукових інтересів яких належить ШІ;
- упровадження принципів міжгалузевої інтеграції систем ШІ в різних наукових напрямках від природничих і точних наук до гуманітарних дисциплін.

Перспективні наукові напрями та технології штучного інтелекту:

- глибоке навчання;
- нейромережеві бібліотеки *TensorFlow*, *PyTorch*, *Keras*;
- опрацювання природної мови;
- генеративні попередньо навчені трансформери (англ. *Generative Pre-trained Transformers*);
- генеративні змагальні нейронні мережі;
- системи штучного зору;
- мультиагентні системи;
- моделювання систем та алгоритмів міркування (англ. *Commonsense Reasoning*);
- автономні транспортні засоби та керування за допомогою ШІ;
- рекомендаційні алгоритми та сервіси, дослідження проблем прозорості рекомендаційних систем;
- проблематика контролю та безпеки систем ШІ.

Розвиток національної системи бази даних повинен здійснюватися на основі сукупності правових, організаційних, методологічних та інформаційно-технологічних механізмів, що забезпечуватимуть:

- нормативне й організаційне регулювання управління даними, а також контроль за реалізацією відповідних заходів;
- визначення та реалізацію сукупності методів і способів фінансового забезпечення діяльності, спрямованої на створення та забезпечення функціонування національної системи баз даних;
- формування принципів, правил і процесів управління державними даними;
- формування онтології даних, включаючи розробку семантичної моделі, описи складу, взаємозв'язків сутностей, метаописів і форматів, власників даних на різних рівнях;
- створення та функціонування ІТ-інфраструктури, що реалізує впровадження та забезпечення моніторингу та контролю реалізації єдиних вимог до управління даними, створення інформаційних продуктів системи баз даних.

Розвиток національної системи бази даних може також ґрунтуватись на залученні до проєктів усіх охочих, без обов'язкової наявності профільної освіти. Це може істотно прискорити та полегшити виконання цього завдання.

Необхідно розглянути можливість створення, поповнення та адміністрування такої системи баз даних дистанційно і на засадах відкритості та залученості.

Залучення фінансових ресурсів для розвитку ШІ в Україні

Важливо вдосконалити систему національних і міжнародних грантів, налагодити співпрацю з провідними технологічними компаніями, як міжнародними, так і національними, які можуть виділяти кошти для освітніх і наукових програм розвитку ШІ в Україні. Крім того, слід наполегливо домагатися виділення відповідних коштів з державного бюджету України. Ефективним також може бути залучення спонсорів і меценатів з непрофільних промислових і комерційних компаній, установ.

Для забезпечення належного розвитку ШІ в Україні фінансові ресурси повинні бути залучені на такі заходи:

- створення нових науково-дослідних інститутів, сучасних центрів і лабораторій дослідження проблем ШІ;
- проведення державних науково-дослідних проєктів за основними напрямками ШІ;
- організацію належної фінансової підтримки науковців і дослідників, які працюють у сфері ШІ. Забезпечення гідних (на рівні світових) умов праці;
- збільшення кількості та підвищення якості підготовки фахівців у сфері ШІ;
- організацію заохочувальних заходів щодо участі українських науковців у провідних міжнародних зарубіжних наукових конференціях у сфері ШІ;
- організацію міжнародних наукових конференцій у сфері ШІ, що проводяться на території України із залученням провідних іноземних науковців;
- збільшення кількості українських наукових видань за напрямками ШІ, що індексуються в наукометричних базах *Scopus* і *Web of Science*;
- створення відкритих тестових середовищ і бібліотек для апробації розроблених методів і алгоритмів ШІ.

До розділу 10 «Прикінцеві положення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)»

Доповнення до Плану реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) до 2025 р.

Першочергові кроки реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні:

1. Погодження та прийняття нормативної бази.
2. Створення Наглядової ради з контролю за виконанням задекларованих в Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні цілей.
3. Визначення пріоритету напрямів і завдань Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні від найбільш пріоритетних до найменш пріоритетних.
4. Почати виконання найпріоритетніших і фундаментальних завдань.

5. Визначити механізми квартального та щорічного контролю за реалізацією Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (звітна документація, вибіркові перевірки).
6. Завершальним етапом повинна бути переоцінка Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, її аналіз на відповідність реаліям та, у разі необхідності, її ефективна корекція.

Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні варто доповнити додатковими проміжними (річними) термінами виконання – кінцевими датами, по настанні яких мета і завдання відповідного блоку повинні бути повністю реалізовані. Кожен проміжний термін слід завершувати аналітичним звітом з наступним корегуванням динамічного календарного плану. Цей компонент буде стимулювальним чинником, який позитивно впливатиме на інтенсивність реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Для реалізації Стратегії необхідно до 2025 року здійснити такі заходи:

1. *Створення нормативно-правової бази, яка передбачає забезпечення захисту даних, отриманих при здійсненні економічної та наукової діяльності, в тому числі їх зберігання переважно на території України.*
2. *Створення науково-теоретичного забезпечення виконання Національної стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.*
3. *Залучення фінансових ресурсів для розвитку ШІ в Україні.*
4. *Забезпечення пріоритетної підтримки фундаментальних і прикладних наукових досліджень в області ШІ.* Розвиток фундаментальних і прикладних наукових досліджень у галузі ШІ в Україні передбачає:
 - здійснення пріоритетної довготермінової підтримки наукових досліджень у сфері штучного інтелекту;
 - стимулювання залучення інвестицій юридичних і фізичних осіб у розробку технологій штучного інтелекту;
 - розвиток дослідницької інфраструктури та забезпечення доступу науковців (дослідників) до обчислювальних ресурсів, баз і наборів даних;
 - розвиток міжнародного співробітництва, включаючи обмін фахівцями і участь вітчизняних фахівців в міжнародних програмах і конференціях у сфері штучного інтелекту.
5. *Підвищення рівня забезпеченості ринку технологій ШІ кваліфікованими кадрами та рівня інформованості населення про можливі сфери використання таких технологій* передбачає:
 - розробку та впровадження освітніх модулів у рамках освітніх програм усіх рівнів освіти, програм підвищення кваліфікації і професійної перепідготовки для отримання громадянами країни знань, набуття ними компетенцій і навичок у сферах, які сприяють розвитку штучного інтелекту – математики, програмування, інформаційних технологій, математичної лінгвістики, аналізу великих даних, машинного навчання;
 - розробку стандартів підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів з урахуванням перспектив використання ШІ;
 - розробку заохочувальних заходів щодо сприяння вступу абітурієнтів на спеціальності за основними напрямками ШІ у ЗВО України;

- формування наукових шкіл з проблем ШІ в університетах і наукових установах, а також спрямування їхньої роботи на впровадження досягнутих результатів;
- підтримку участі науковців у міжнародних виставках та конференціях, заохочення наукових публікацій у провідних міжнародних виданнях, відкриття наукових видань з проблем ШІ;
- підтримку молодих вчених та їх заохочення у науковій діяльності з розробки та впровадження ШІ;
- формування лабораторної бази в університетах і наукових установах для навчання студентів і проведення досліджень у сфері ШІ;
- залучення науковців та освітян до міжнародних проєктів за напрямками ШІ, в тому числі в програмах *Еразмус+*, *DAAD* і *Горизонт-Європа*;
- поширення вже накопиченого досвіду в розробці систем ШІ, який було отримано під час виконання програм *Темпус*, *DAAD* і *Горизонт 2020*;
- відкриття окремої номінації зі штучного інтелекту при проведенні наукових фестивалів, конкурсів стартапів і форумів;
- заохочення талановитої молоді до сприйняття та розвитку ідей ШІ через Малу академію наук;
- започаткування програм заохочення та грантів для закладів освіти всіх рівнів з акцентом на природничі, математичні, комп'ютерні, інформаційні науки та математичну лінгвістику;
- включення необхідних елементів програмування та обчислювального мислення в шкільну програму з математики;
- збільшення кількості спеціальностей і бюджетних місць для навчання за напрямом ШІ;
- стимулювання (в тому числі матеріальне) роботодавців до заходів, спрямованих на набуття співробітниками компетенцій в області штучного інтелекту і в суміжних сферах його використання;
- організацію довгострокової фінансової підтримки науковців та дослідників, що працюють у сфері ШІ, забезпечення їм гідних (на рівні світових) умов праці;
- сприяння участі науковців у комерційних проєктах провідних підприємств за основними напрямками ШІ;
- створення умов для повернення провідних українських науковців і фахівців у сфері ШІ, які проживають і працюють за кордоном;
- визначення технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу – зокрема тих, які потребують малих інвестицій, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання – ШІ на пристроях (англ. *On-Device AI*), нові алгоритми машинного навчання для систем з істотними обмеженнями в ресурсах і таке інше.

6. Підвищення рівня цифрової грамотності населення України.

7. Розвиток національної системи бази даних, що передбачає:

- нормативне і організаційне регулювання управління даними, а також контроль за реалізацією відповідних заходів;

- визначення та реалізацію сукупності методів і способів фінансового забезпечення діяльності, спрямованої на створення та забезпечення функціонування національної системи баз даних;
- формування принципів, правил і процесів управління державними даними.

Доповнення до Плану реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні в 2026 – 2030 роках

1. Контроль за виконанням і дотриманням усіх попередніх завдань.
 2. Повна реалізація всіх завдань, включаючи найменш пріоритетні.
 3. Проведення постійної ревізії та моніторингу якості реалізації цілей Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.
 4. Постійний аналіз та актуалізація ключової мети Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.
- Останні два роки – проведення аналітичних конференцій з оцінки та ефективності Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Kondratenko Yu., Striuk O., Kozlov O., Sidenko Ie.

To Section 1 Paradigm

The economy of Ukraine faces fierce global competition simultaneously with high-risk investment challenges in advanced technologies, including ICT (Information and Computer Technologies). Moreover, outdated infrastructure, including equipment that is not suitable for digital transformation, as well as the lack of opportunities for scaling and diffusion of technological innovations stand in the way.

However, over the past decade, Ukraine has significantly strengthened its position as an active member of the global AI community.

According to the Deep Knowledge Analytics report (Artificial Intelligence Industry Landscape Overview 2018), Ukraine has been placed among the top three Eastern European countries in terms of AI companies quantity: Russia ranked No. 1 – 133 companies, Poland ranked No. 2 – 110 companies, Ukraine ranked No. 3 – 57 companies.

According to the Government AI Readiness Index 2020, which assesses the readiness of governments to deploy artificial intelligence, Ukraine ranks 57th out of 172 countries with a score of 49,901 (for comparison, the United States ranks the highest of all countries scoring 85,479). According to this rating, Ukraine has the following index scores: vision – 50, data availability – 66.56, governance & ethics – 51.27, innovation capacity – 41.53, size – 22.87, infrastructure – 41.35, human capital – 42.39. The highest score is 84.17.

Moreover, over the past few years, Ukraine has advanced significantly in publishing open data. Currently, Ukraine is ranked 31st in the Global Open Data Index¹⁰.

¹⁰Global Open Data Index. Tracking the State of Open Government Data. URL: <https://index.okfn.org/>.

Although Ukraine has not become an AI leader yet, it seems quite probable that Ukraine will bolster its position in the AI sector and attain the status of key AI player if the strategy is chosen correctly and modified in accordance with the challenges that beset the country.

It is urgent to attract foreign investors. Industrial policy and innovation policy should be integrated with sectoral policy and technology policy to promote the industrial transformation of the knowledge economy by strengthening the availability of high-tech sectors while fostering the modernization of low- and medium-tech sectors and their capability to incorporate new technologies. The capital allocated by the Ukrainian government for research and development is scarce when compared to top countries in terms of manufacturing output. In such high-tech areas as artificial intelligence, public and private investments are insufficient in Ukraine.

To Subsection 2.2, Section 2 Main Directions of AI Research

Artificial general intelligence, a self-aware artificial agent capable of reasoning, is a primary issue of computer programming, but not computer engineering. To create a completely developed artificial intelligence, it is necessary to design fundamentally new software architecture, to craft an effective strategic plan through the use of computer programming and deep learning systems.

The performance of modern computer systems and supercomputers, which have long surpassed human intelligence in terms of computing capabilities, allows for efficiently complex mathematical operations. However, despite their high performance, computers are not intelligent agents. Performance is only a component of intelligence, and its high efficiency does not directly cause the emergence of intelligence.

As we see it, in terms of computer engineering, it is reasonable to put effort into software and algorithmic methods instead of the next-generation computer. These are new approaches and paradigms of computer programming, machine learning, deep learning, new AI architectures, and innovative algorithms.

The human brain is the most complete example of intelligence ever known to mankind. We believe that the human brain and mammalian brain are the optimal prototypes for the study of intelligence, as an example of natural engineering. However, since the phenomenon of intelligence is not fully explored, it is necessary to avoid restrictions and focus research efforts on the study of other intelligent biological agents, for instance, unicellular eukaryotes or viruses.

To Section 3. Aims and Objectives of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine

The aim of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is the development and integration of artificial intelligence technologies both in public and private sectors in order to improve competitiveness in Ukraine, ensure sustainable improvement of welfare and quality of life of the population, enhance public administration system, safeguard national security and national security and maintain law and order.

The subject of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is methods and means of the AI development and integration in manufacturing, economy, transportation and infrastructure, science, healthcare, agriculture, ecology, defense industry, etc.

It is necessary to determine the course of popularization, support, and development of the AI community: it will contribute to the engagement of professionals from other scientific fields, as well as stakeholders from various population groups, *regardless of age*.

It is necessary to create a storage system to accumulate organizations, companies, projects, and research groups specializing in artificial intelligence.

It is necessary to design an effective and permanent AI data monitoring program: news (both technical and ethical); tracking scientific discoveries and research with the subsequent *mandatory analysis*; regular information exchange with the global community, leading international organizations, and scientific institutions.

It is worth setting an ambitious goal for Ukraine's leadership as a country that can become one of the top 50 countries leading the artificial intelligence race. Considering the legacy of the Soviet Union (engineering education, scientific programs, and manufacturing) as well as Ukraine's leading position in the world IT industry, the leading position of our state in this field should be considered quite attainable even in the short term (10 years).

To Subsection 7.1, Section 7 Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine

Prospects of Using Robots

Semi-autonomous or remotely-controlled robots are designed for mine clearance, reporting the presence of radioactive or toxic substances, detecting and studying potentially hazardous objects.

Tracked and wheeled unmanned military transport vehicles are already utilized by armed forces, allowing them to carry out complex tactical missions under extremely dangerous conditions. Phantom and Phantom-2 unmanned ground vehicles produced by SpetsTechnoExport armed with 12.7 mm caliber machine gun and RS-80 launcher are the perfect examples. These vehicles can be used for surveillance and reconnaissance, fire support, evacuation of the wounded, delivery, maintenance, etc.

Development of unmanned surveillance and reconnaissance aerial vehicles, and combat drones; fostering modifications that can significantly strengthen the military capability of Ukraine (Armed Forces of Ukraine, Security Service of Ukraine, National Guard of Ukraine, Ukrainian Air Force, National Police of Ukraine). It is essential to draw upon the experience of the United States (*RQ-1/MQ-1 Predator*) and Turkey (*Bayraktar TB2/TB3*), whose combat drones have already demonstrated a high level of efficiency in complex combat operations.

To Subsection 7.4, Section 7 Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector

Prospects of Using Robots

The integration of industrial robots is one of the main factors that drive economic growth. Industrial robots are used in a wide range of operations: welding, painting, pressing, casting, transportation and warehousing. Because Ukraine has developed the manufacturing sector, the more intensive integration of robotics will contribute to the economic growth of the country. For Ukraine, it is beneficial to cooperate with the *International Federation of Robotics*.

Particular attention should be paid to the possibility of intensive integration of artificial intelligence systems and intelligent agents (robots) in various industries.

Robots can continuously perform actions without failures and develop more competent production models to solve problems associated with automation. They are also capable of correcting human mistakes and providing a higher level of quality.

Testing and application of intelligent control methods in automation systems of diverse mobile objects and robots in manufacturing enterprises of Ukraine is one of the promising directions of AI technologies integration in the manufacturing sector. The research work on the development and integration of intelligent control systems, as well as control devices of the executive, tactical, and strategic levels, which are based on artificial neural networks, fuzzy systems, and hybrid neuro-fuzzy networks, is being conducted. It will contribute to the automation of diverse mobile technical objects and robots in the manufacturing industry, and improve their efficiency. New methods of synthesis and optimization of highly effective intelligent automatic control systems are also being developed, which are based on bioinspired evolutionary and multi-agent concepts, and global optimization algorithms.

Robots and mobile objects of the manufacturing industry include manipulators (technological, powered industrial, auxiliary, universal, etc.), multi-purpose mobile robots (examination, moving tools, and performing technological operations in inaccessible and dangerous environments), unmanned vehicles (unmanned cars, warehouse forklifts, drones, aerial and underwater vehicles, etc.), etc.

For instance, multi-purpose mobile robots with electromagnetic clamping devices that are capable of moving on inclined and vertical ferromagnetic surfaces are utilized to move various tools along specified trajectories to automatically perform technological operations like cleaning, rust removal, painting, welding, etc. in shipbuilding and ship repair, natural-gas processing, oil refining, and in other sectors. Mobile robots of this type are objects with an extremely complex mechanical design, which effectively apply neural, fuzzy, and neuro-fuzzy automatic control systems. Automatic control of robot movements on ferromagnetic surfaces with obstacle avoidance while ensuring the high quality of a certain technological operation is one of the most complicated and crucial tasks of robotic automation.

Artificial intelligence and robotics are influencing space exploration, which demonstrates the great potential for studying interstellar medium through innovative solutions and technologies: satellite data analysis systems, autonomous planetary

rovers, autonomous space probes, intelligent automatic rocket control systems, smart system interfaces of manned spaceflights.

Currently, scientists are developing virtual assistants to aid astronauts. These assistants with mixed intelligent algorithms are designed to significantly accelerate and facilitate the execution of applied research tasks of different complexity levels. For instance, the *CIMON* astronaut assistant has already been tested on the International Space Station (it reached the station in 2019).

Data analysis in space mission planning has always been a complex procedure based on large amounts of data and is usually carried out by experts. Nowadays, artificial neural networks are used for analysis and forecasting, which makes it possible to identify previously hidden patterns in the concealed data and utilize the knowledge acquired based on such analysis more effectively.

Satellite technologies are also closely intertwined with intelligent systems, which makes it possible to process data and improve diagnostic systems through the use of artificial intelligence.

Artificial intelligence systems are also applied in the space navigation. Analysis of a large numbers of images recorded with telescopes enables the design of intelligent navigation systems for space exploration, discovering new objects and routes for space probes.

Artificial Intelligence becomes the leading phenomenon in contemporary observational astronomy. Neural networks help to improve images recorded with telescopes, perform better statistical data analysis, and create synthetic samples for datasets utilized to train specialized neural networks that are applied to solve various astronomical challenges (*Fader, Spatial GAN, Morpheus*).

Benefits of AI in Manufacturing. Over the past decades, AI and industrial automation have advanced significantly. There has been the effectively implementation of many innovative approaches, such as the use of “smart” sensors, and an increase in computing power. AI helps aid machines to collect and retrieve large amounts of data; detect complex and hidden patterns; adapt to new trends through machine intelligence, learning, and natural language recognition. It also aids to make decisions based on data and data analysis, increases the efficiency of manufacturing processes, reduces operating costs, promotes faster product development, and ensures flexible adaptability.

Working 24/7. Since employees work in shifts to ensure rest time and meal breaks, AI-driven robots can continuously perform production line tasks. Enterprises can increase the production capacity and meet higher customers expectations due to the increased intensity of production.

Workplace safety. With the increasing use of AI components in production processes, fewer employees are engaged in dangerous, harmful and stressful work. In other words, with a decrease in the number of people and an increase in the number of robots performing tasks associated with health risks, the number of workplace accidents should decrease drastically. Moreover, AI gives ample opportunity for

mineral exploration, as businesses and companies will no longer have to risk human lives.

Operating costs reduction. With the increasing use of AI systems in manufacturing, businesses are significantly cutting operating costs. Instead of just hiring employees, companies and businesses should invest in AI. Nevertheless, AI systems need maintenance, which requires plenty of costs.

Factors affecting the environment. Autonomous vehicles are potentially much less harmful to the environment. They can be programmed for the most efficient route and reduce downtime, which can lead to reduced fuel consumption and radically reduce greenhouse gas emissions. The same applies to heavy machinery used in manufacturing. AI can incessantly repeat a sequence of procedures with high accuracy, while humans are prone to accidental errors.

To Subsection 7.7, Section 7 Artificial Intelligence in Agriculture

Prospects of Using Robots

The agro-industrial complex has always been an important component of Ukraine's economy, its strong point. The global population continues to grow, which poses a challenge to the entire civilized world, which intertwines with the challenge of providing high-quality food for human consumption.

In agriculture, it is necessary to widely use agro-industrial drones that help to control pests, detect the exact areas of crops, perform inventory tracking and auditing of land plots, recognize plant diseases, analyze crop yields, monitor and control land amelioration systems, automate planting and harvesting processes.

A perfect example of unmanned aerial vehicle implementation is the M-6-3 “Zhajvir” – a remote control drone made in Ukraine, designed for biological plant protection, cartography, aerial photography, and real-time video surveillance.

Innovative advances in this area are also carried out by the United States (*Harvest Automation*) and Australia (*Australian Centre for Field Robotics*), whose engineering solutions demonstrate impressive results.

To Section 8. Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

Employee training in the AI ecosystem is currently not actualized. It takes place at the expense of professionals in various fields (mathematics, statistics, system analysis, etc.). Artificial intelligence was not included in Decree No. 266 “List of academic disciplines and programs of study” dated April 29, 2015. Therefore, it is necessary to put the AI degree program on the list and develop an appropriate training course. It is also necessary to focus on reinforcing the development of the dual education system.

As for scientific support, in accordance with the Resolution of the Presidium of the Higher Attestation Commission of Ukraine No. 13-08/9 dated September 20, 2000,

the passport of the scientific specialty 05.13.23 “Systems and means of artificial intelligence” was approved. However, considering the date of adoption of this resolution, it is necessary to revise it and update the passport of this specialty.

It is necessary to develop an effective retraining system in higher education and *professional development* programs for professionals in various fields (engineering sciences, natural science, human sciences).

It is necessary to develop the concept of clustering, accessibility, and transparency of scientific AI projects, to create an opportunity for postgraduates and Ph.D. students to join the current *collective* specialized research of scientific groups in the field of AI.

One of the core factors driving the AI advancement in Ukraine is the systematic development of the specialized community, which could unite professionals and enthusiasts of any age and level of professionalism. The Ukrainian AI community has been developing spontaneously, almost regardless of the role of the government, and is situationally interacting with public organizations.

There was a need to create special (primarily digital) platforms for *strategic communication* among the participants of the AI community: a specialized project website (possibly with a forum and feedback templates), accounts in popular social networks for bilateral interaction with the community (*Twitter, Facebook, Instagram*).

It will allow engaging members of various AI platforms, startups, companies, and individual stakeholders (including grantors, sponsors and investors) in cooperation and fruitful interaction.

Utilization of *open source* and *crowdsourcing* methods for the implementation of crucial projects, both solely applied (mathematical, software, engineering) – when the product is open/ partially open and everyone can work on it after *registration* and *admission*, and organizational – when the community is collectively working on important program documents, conventions, methods, concepts, etc. Therefore, the core idea lies in controlled transparency and interaction.

The active AI community will contribute to AI advancement in Ukraine in various areas. It will improve the position of Ukraine in the international arena, in particular by increasing the number of Ukrainian scientific articles published in prestigious scholarly journals and boosting citation counts of Ukrainian scientists’ articles.

It is also important to coordinate efforts to engage Ukrainian professionals, enthusiasts, and the youth (as the society united by AI) in the AI for Good Global Summit platform, which is one of the main platforms of the United Nations for dialogue on AI.

Advancement of the national database system should be based on a set of legal, organizational, methodological, and IT mechanisms that will ensure:

- normative and organizational regulation of data management, as well as control over the implementation of relevant measures;
- ascertainment and integration of a set of methods and means of financial support to activities aimed at creating and ensuring the functioning of the national database system;
- formation of principles, rules, and processes of public data management;

- formation of data ontology along with the semantic data model, descriptions of the configuration, relationships that exist among entities, meta descriptions and formats, and data owners at different levels;
- building and functioning of IT infrastructure that guarantees monitoring and control over the integration of data management standards, and creation of information products of the database system.

Development of the national database system can also be based on the engagement of all individuals interested in projects, even if they are not subject experts. It can significantly accelerate and facilitate the accomplishment of this task. It is necessary to consider the possibility of building, populating, and administering such a database system remotely and based on accessibility and involvement.

Fostering AI investment in Ukraine

It is crucial to ameliorate national and international funding system and to cooperate with leading tech companies, both international and national ones, which can allocate funds to educational and scientific AI programs in Ukraine. Moreover, it is necessary to persistently seek the allocation of funds from the government budget of Ukraine. It can also be effective to attract sponsors and patrons from non-specialized manufacturing and commercial companies, and institutions.

To ensure the proper development of AI in Ukraine, funds should be allocated to:

- founding of new research institutes, modern centers and laboratories for the study of problems associated with AI;
- conducting state research projects in the main areas of AI;
- provide financial support for scientists and researchers working on AI. Ensuring decent (world-class) working conditions;
- increasing the number of AI professionals, and improving the quality of training;
- encouraging Ukrainian scientists to participate in international academic AI conferences;
- organizing international scientific AI conferences held in Ukraine with prominent foreign scientists as participants;
- increasing the number of Ukrainian scientific papers on aspects of AI indexed in the science-metric databases Scopus and Web of Science;
- creating open access test environments and libraries for testing developed AI methods and algorithms.

To Section 10 Outline of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)

Addition to the Strategic Plan (by 2025)

Key steps for the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development execution.

1. Approval and adoption of the regulatory framework.
2. Creation of the supervisory board for monitoring the accomplishment of the tasks declared in the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.

3. Defining prioritized course and objectives of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development ranked from high severity to low priority.
4. Accomplishing the most prioritized and fundamental tasks.
5. Providing mechanisms for quarterly and annual control over the execution of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development (reporting, optional examination).

The final step is the reassessment of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development, its analysis of compliance with the actualities of 2025, and, if necessary, its effective modification.

The Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development should be supplemented with additional midterm (annual) deadlines, before which the aim and objectives of the relevant block must be completely accomplished. Each midterm period should be completed with an analytical report followed by an adjustment of the dynamic schedule. This component acts as a stimulus that will positively affect the intensity of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development execution.

To execute the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development, it is necessary to take the following measures by 2025.

1. *Creation of a regulatory framework that provides for the protection of economic and scientific data, as well as its storage in Ukraine.*
2. *Providing scientific and theoretical support for the execution of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.*
3. *Attracting financial resources for the development of AI in Ukraine.*
4. *Providing support for fundamental and applied scientific AI research.*
Fundamental and applied scientific AI research in Ukraine involves:
 - long-term support to AI research;
 - attraction of investors (individual entrepreneurs and legal entities) to artificial intelligence technologies;
 - development of research infrastructures, and ensuring access to computing resources, databases and datasets;
 - fostering international cooperation, including the exchange of experts and the participation of Ukrainian professionals in international AI projects and conferences.
5. *Increasing the number of qualified employees in the AI market, and raising new technology awareness entail:*
 - designing and integration educational modules within the framework of educational programs of all educational stages, advanced training programs and professional retraining for educating citizens of the country, who are developing competencies and skills in areas that contribute to the advancement of artificial intelligence – mathematics, computer programming, information technology, mathematical linguistics, big data analytics, machine learning;
 - establishment of standards for academic degrees, taking into account the prospects of AI utilization;
 - encouraging beneficial activities to foster the admission of applicants to the higher education institutions of Ukraine for studying artificial intelligence;

- establishment of scientific schools for AI problems in universities and scientific institutions, as well as directing their work to integrate the achieved results;
- supporting the participation of scientists in international exhibitions and conferences, encouraging publication of scientific papers to publish in prestigious international journals, and starting scholarly journals on AI problems;
- supporting young scientists and their encouragement in scientific activities for the development and integration of AI;
- setting up laboratories in universities and scientific institutions for training students and conducting research on AI;
- engaging scientists and educators in international AI projects, including Erasmus+, DAAD, and Horizon Europe;
- sharing accumulated experience in designing AI systems, which was obtained during the execution of the TEMPUS, DAAD, and Horizon 2020 programs;
- creation of AI awards to be presented at scientific festivals, startup competitions, and forums;
- encouraging talented youth to perceive and develop AI ideas at the Junior Academy of Sciences of Ukraine;
- launching encouraging programs and grants for educational institutions of all levels with a focus on natural, mathematical, computer, information sciences, and mathematical linguistics;
- inclusion of the necessary elements of computer programming and computational thinking in the mathematics programs in public schools;
- increasing the number of AI study programs and state-funded places for students;
- engaging prominent experts and scientists who study the natural intelligence and functions of natural neural networks – neuroscientists, medical practitioners, cognitive psychologists, behaviorists, psychiatrists, and lawyers;
- stimulating employers to take measures aimed at employees to acquire competencies in the field of artificial intelligence and related areas of its application;
- ensuring long-term financial support for scientists and researchers working in the field of AI, providing them with decent (world-class) working conditions;
- encouraging scientists to participate in commercial projects of top enterprises in the major areas of AI;
- creating conditions for prominent Ukrainian scientists and AI experts living and working abroad to come back to Ukraine;
- identifying technological priorities of research considering limited resources – in particular those that require little investments, while conferring a significant competitive advantage in global markets through mass use – on-device AI, new machine learning algorithms in resource-constrained systems, etc.

6. *Improving the digital literacy of the Ukrainian people.*

7. *Building a national database system, which provides for:*

- normative and organizational regulation of data management, as well as control over the implementation of relevant measures;

- ascertainment and integration of a set of methods and means of financial support to activities aimed at creating and ensuring the functioning of the national database system;
- formation of principles, rules and processes of public data management.

Addition to the Strategic Plan (2026 – 2030)

- Control over the execution of the Strategy and observance of all previous tasks.
- Accomplishment of all tasks, including the least prioritized.
- Auditing and monitoring the effectiveness of accomplished tasks of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.
- Analyzing and updating core tasks of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.

The last two years will be dedicated to analytical conferences on the assessment of the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.

Ланде Д. В.

До підрозділу 7.1 розділу 7 «Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України»

За останні роки дослідження в області штучного інтелекту досягли значного прогресу, причому набагато швидше, ніж передбачалося раніше. І цей процес продовжує прискорюватися.

Нааявні можливості ШІ мають значний потенціал для сфери національної оборони і безпеки. Сьогодні експерти вважають, що ШІ може стати революційною технологією в цій сфері, як колись стали ядерні, космічні, комп'ютерні та біологічні технології.

Штучний інтелект змінює глобальне середовище оборони та безпеки. Це надає безпрецедентну можливість посилити технологічні переваги, але також підвищує швидкість загроз, з якими стикається сучасне суспільство. Ця базова технологія, ймовірно, вплине на весь спектр заходів, що стосується трьох основних завдань: колективної оборони, кризового управління та спільної безпеки.

Практика показує, що в міру зміни технологій змінюються й інтереси держави. У даному випадку цей інтерес – досягнення технологічного лідерства України, яка має для цього всю необхідну базу.

Досягнення в сфері ШІ вплинуть на національну оборону і безпеку, базуючись на революційних змінах у трьох сферах – військовій, інформаційній та економічній.

Окремої уваги у сфері безпеки і оборони заслуговує проблема колективного інтелекту, зокрема спільного функціонування об'єктів зі штучним інтелектом. Ця проблематика безпосередньо пов'язана з Інтернетом речей, який забезпечує зв'язок між окремими об'єктами зі штучним інтелектом. Як приклад можна

навести завдання керування роями інтелектуальних безпілотних літальних апаратів (дронів).

Наприклад, у військовій сфері комерційно доступні технології з підтримкою ШІ (такі, як застосування безпілотних літальних апаратів, зокрема ударних, безпілотних літальних апаратів близької і далекої дії, крилатих ракет із автоматичним розпізнаванням цілей) можуть надати доступ до абсолютно нового типу засобів високоточного нанесення ударів, у тому числі на великі відстані. Інший приклад: наявна технологія машинного навчання може забезпечити високий ступінь автоматизації трудомістких операцій, таких як аналіз супутникових зображень і кіберзахист.

В інформаційному і кібернетичному просторі ШІ значно розширить можливості збору і аналізу даних, реагування на кіберінциденти, а також створення агрегованих даних. При вирішенні завдань розвідки це буде означати, що буде враховано більше джерел об'єктивної інформації, а також джерел дезінформації та інформаційних впливів.

Ті країни, які досягнуть значних успіхів у технологіях штучного інтелекту, будуть мати набагато більшу вагу, що особливо актуально для нашої країни.

В економічній області, яка пов'язана з національною обороною і безпекою, передбачається, що досягнення в сфері ШІ можуть призвести до нової промислової революції. Зокрема, ці досягнення призведуть до різкого зниження попиту на робочу силу, що найближчим часом змінить відносини між працею і капіталом в світових економіках. У кіберпросторі дії, які вимагають великої кількості висококваліфікованого персоналу, такі як операції Advanced Persistent Threat, у майбутньому можуть бути значною мірою автоматизовані і стати легкодоступними на ринку. ШІ значно розширить можливості створення, збору та аналізу даних, що важливо для досягнення інформаційної переваги.

21 жовтня 2021 року міністри оборони країн НАТО узгодили першу Стратегію НАТО в сфері штучного інтелекту. У документі описано, як ШІ може бути застосований у сфері оборони та безпеки захищеним і етичним способом. Таким чином, стратегія встановлює стандарти відповідального використання технологій ШІ відповідно до міжнародного права та цінностей НАТО. У ній також розглядаються загрози, що створюються використанням ШІ противниками, та способи встановлення надійної співпраці з інноваційною спільнотою в сфері ШІ.

Штучний інтелект є однією із семи технологічних галузей, які союзники в НАТО виділили як пріоритетні у зв'язку з їхньою значимістю для оборони та безпеки. До них належать квантові технології, дані та обчислення, автономні системи, біотехнології та покращення людського потенціалу, гіперзвукові технології та космос. З усіх цих технологій подвійного призначення штучний інтелект, як відомо, є найпоширенішим, особливо у поєднанні з іншими, такими як великі дані, автономні системи чи біотехнології.

Стратегія буде підсилена значущою співпрацею між НАТО, приватним сектором та науковими колами; спроможною робочою силою та технічним і політичним талантом НАТО; надійною, релевантною, безпечною інфраструктурою даних; відповідним кіберзахистом.

Для всіх пріоритетних сфер будуть розроблені індивідуальні стратегії відповідно до того ж етичного підходу, що й для штучного інтелекту.

Руйнівні інновації в сфері ШІ можуть являти собою глобальну небезпеку. Слід вкласти значні кошти в можливість «протидії ШІ». Запобігти розширенню використання ШІ в військових технологіях, розвідці неможливо, можлива тільки постановка завдання безпечного й ефективного управління технологіями ШІ. Державі слід розглянути можливість створення офіційних науково-дослідних організацій, яким доручено досліджувати і просувати безпеку ШІ. Необхідно також створення документів про можливості ШІ подвійного призначення.

Lande D.

To Subsection 7.1, Section 7 Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine

Researchers in the field of AI have demonstrated significant technical progress over the past few years, much faster than was previously anticipated.

Existing capabilities in AI have significant potential for national security. Nowadays, experts believe that future progress in AI has the potential to be a transformative national security technology, on a par with nuclear weapons, aircraft, computers, and biotech.

Artificial Intelligence is changing the global environment of defense and security. It offers an unprecedented opportunity to strengthen our technological edge but will also escalate the speed of the threats we face. This foundational technology will likely affect the full spectrum of activities in support of three core tasks; collective defense, crisis management, and cooperative security.

In practice, technological changes alter the interests of the state. In this case, Ukraine has an interest in achieving technological leadership of Ukraine, which has the necessary base for it.

Advances in AI will affect national security by driving change in three areas: military, information, and economic.

Swarm intelligence, in particular the ability of the AI-enabled objects to function together, deserves a particular attention in the defense sector. This issue is closely related to the Internet of Things, which provides connection between AI-enabled objects. The task of controlling the swarms of intelligent unmanned aerial vehicles (drones) serves is a good example.

For instance, commercially available AI-enabled technology (such as unmanned aerial vehicles, in particular combat, short- and long-range unmanned aerial vehicles, cruise missiles with automatic target recognition) may provide access to a type of long-range precision strike capability. For example, existing machine learning technology could enable high degrees of automation in labor-intensive activities such as satellite imagery analysis and cyber defense.

In the information domain and cyber domain, AI will significantly expand the ability to collect and analyze data, respond to cybersecurity incidents, and create

aggregated data. Therefore, more accurate information sources, as well as disinformation sources will be applied in the intelligence.

Those countries that develop a significant edge in AI technology will punch far above their weight.

As for economy, which is related to the national security, advances in AI could result in a new industrial revolution. In particular, advances in AI technologies can lead to a dramatic decline in demand for labor, which will reshape the relationship between capital and labor in economies around the world. In the cyber domain, activities that currently require lots of high-skill labor, such as Advanced Persistent Threat operations, may in the future be largely automated and easily available on the market. For information superiority, AI will dramatically enhance capabilities for the collection and analysis of data, but also the creation of data.

At the October 2021 meeting, Allied Defense Ministers formally adopted an Artificial Intelligence Strategy for NATO. The strategy outlines how AI can be applied to defense and security in a protected and ethical way. It sets standards of responsible use of AI technologies, in accordance with international law and NATO's values. It also addresses the threats posed by the use of AI by adversaries and how to establish trusted cooperation with the innovation community on AI.

Artificial Intelligence is one of the seven technological areas which NATO Allies have prioritized for their relevance to defense and security. These include quantum-enabled technologies, data and computing, autonomy, biotechnology and human enhancements, hypersonic technologies, and space. Of all these dual-use technologies, Artificial Intelligence is known to be the most pervasive, especially when combined with others like big data, autonomy, or biotechnology.

The Strategy will be underpinned by the significant cooperation between NATO, the private sector and academia; a capable workforce of NATO technical and policy-based AI talent; a robust, relevant, secure data infrastructure; and appropriate cyber defenses.

Individual strategies will be developed for all priority areas, following the same ethical approach as that adopted for Artificial Intelligence.

Disruptive AI innovations can pose a global danger. Defense and intelligence community should invest heavily in "counter-AI" capabilities. Though outright bans of AI applications in the national security sector are unrealistic, the goal of safe and effective technology management must be pursued. The government should create formal organizations tasked with improving the safety of AI technology. It is also necessary to release a document on dual-use AI capabilities.

Мінцер О. П.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

Широкі дискусії щодо того, чи існує на сьогоднішній день штучний інтелект (ШІ), зумовлені на практиці переважно відсутністю чіткого розуміння, що є «інтелект». Прийmemo як аксіому, що ШІ у медицині буде насамперед реалізовувати стратегію підтримки прийняття рішень, яка постійно

вдосконалюватиметься за рахунок накопичення нових даних. Якщо розглядати можливості використання ШІ в такому сенсі, то можна виділити такі напрями:

1. Упровадження технологій, які включають використання алгоритмів аналізу великих даних (інформацію про стан здоров'я населення, результати функціональних, клінічних, лабораторних та генетичних досліджень) і систем автоматичного розпізнавання зображень і мовлення. Це надасть нові можливості в охороні здоров'я, зокрема: зниження кількості лікарських помилок; підвищення точності та швидкості постановки діагнозу; забезпечення ефективнішої взаємодії між лікарем і пацієнтом; ефективне прогнозування ускладнень патологічних процесів, таргетну профілактику захворювань, моніторинг стану пацієнтів. У зв'язку з появою нових технологій та величезної кількості даних, отриманих під час хірургічної допомоги пацієнтам, було створено нову наукову дисципліну – хірургічну науку про дані, ХНД (англ. *Surgical Data Science, SDS*). Головною метою ХНД є покращення якості інтервенційної медичної допомоги шляхом збору, організації, опрацювання та моделювання даних. У рамках ХНД складні дані можуть виходити з різних джерел, зокрема від пацієнтів, від операторів, що залучені до надання допомоги, а також від датчиків для вимірювання даних пацієнта та процедур. Використовуються також знання предметної області. Створені на основі ХНД застосування ШІ та машинного навчання розробляються з кінцевою метою підтримки прийняття хірургічних рішень і підвищення безпеки пацієнтів. Поточні оцінки «золотого стандарту» інтраопераційних технічних і нетехнічних навичок базуються на спостереженні та експертній оцінці. Хоча ці методи широко використовують, існує чимало обмежень, пов'язаних із притаманною суб'єктивністю цих інструментів, неоптимальною надійністю оцінювачів, а також обмеженою відтворюваністю та масштабованістю. Використання застосувань ШІ, особливо комп'ютерного зору, відкриває надзвичайну можливість автоматизувати, стандартизувати та масштабувати оцінку ефективності в хірургії, включаючи кардіоторакальну хірургію. Попередні дослідження задокументували надійність хірургічного аналізу рухів на основі відео для оцінки лапароскопічної ефективності в операційній у порівнянні з традиційним підходом, який вимагає багато часу.

2. Використання ШІ в фармакології забезпечить прискорення розробки нових лікарських препаратів та зниження їх вартості. Розроблено один із найпотужніших комп'ютерних алгоритмів для розрахунку процесу згортання білків – однієї з важливих складових фармакологічних досліджень. Уже з'явився перший медикамент, повністю розроблений штучним інтелектом. Це препарат для лікування obsesивно-компульсивного розладу, створений системою штучного інтелекту біотехнічної компанії з Оксфорда. Використано систему, яка автоматично аналізувала генетичні дані пацієнтів і знаходила молекули, які можуть бути використані у новому медикаменті.

3. Україн важливим видається застосування ШІ в епідеміології. ШІ і хмаринні послуги стали особливо потрібними в період пандемії коронавірусу, коли вони дали змогу забезпечити взаємодію медичних фахівців у режимі реального часу за допомогою комунікаційних платформ, які здатні розпізнавати

усне та письмове мовлення різними мовами (чат-боти, голосові помічники, системи машинного перекладу) та прогнозувати поширення захворювання. За допомогою штучного інтелекту моделюють масштаби поширення коронавірусу в різних регіонах світу. При розробці алгоритмічної моделі використовували статистику щодо захворілих, померлих і тих, що одужали в провінціях Китаю. Клінічна епідеміологія активно розвивалася як дисципліна в другій половині двадцятого століття. Сучасні технології відкривають нові перспективи в епідеміології, у тому числі в генетичній епідеміології, з використанням реєстрової хвороби, звертаючи увагу на індивідуальні дані про здоров'я та потреби медичних послуг, а також із урахуванням соціальних умов (освіта, професія, зайнятість тощо). З позитивним спостереженням це зробить можливими масштабні багатовимірні спостережувані популяційні дослідження, придатні для попередження епідемій та низки захворювань. Важливим елементом стає використання баз знань. Всесвітня організація охорони здоров'я стала піонером у створенні бази даних для кількох країн, таких як база даних ВООЗ «Здоров'я для всіх», що включає основні показники здоров'я для європейських країн із 1970-х років. Такі бази даних є важливими інструментами для освіти та обґрунтування політики у сфері охорони здоров'я. Але досконалий аналіз є складною процедурою, ефективне забезпечення якої можливе лише за допомогою штучного інтелекту.

4. Система аналізу зображень (у патології – аналіз біопсії, комп'ютерна томографія, магніторезонансна томографія тощо). Аналіз медичних зображень (наприклад, знімків комп'ютерної томографії та магніторезонансної томографії) для діагностики захворювань (насамперед онкологічних) лежить в основі наукового напрямку, що називається радіомікою і розвивається на перетині радіології, комп'ютерних технологій та математичної статистики. В останніх публікаціях наведено значення точності ШІ в 93 % при опрацюванні радіологічних зображень, знімків магніторезонансної томографії, мамограм і результатів пренатальних ультразвукових досліджень, у 94,5 % при діагностиці туберкульозу, в 96,5 % при прогнозі виразкових інцидентів [Anderson et al. 2021]. Уважають, що реальні можливості ШІ на теперішній час можна оцінити таким простим правилом: «Якщо звичайна людина може виконати уявне завдання за секунди, то, ймовірно, ми можемо автоматизувати її за допомогою ШІ або зараз, або в найближчому майбутньому» [Ng 2016]. Очікується, що застосування ШІ дозволить у майбутньому відмовитися від інвазивних діагностичних процедур, що супроводжуються високим ризиком розвитку ускладнень. Уже зараз аналіз медичних знімків на основі штучного інтелекту та хмаринних сервісів підвищує точність виявлення захворювання та прогнозування його розвитку. Застосування ШІ є не тільки єдиним вирішальним фактором підвищення якості надання медичної допомоги пацієнтам, але й призведе до революційних змін у таких напрямках, як медицина, біологія, освіта. Розглянемо їх більш детально.

I. Трансформація медицини в більш широку соціальну сферу, що використовує всі форми даних про здоров'я, включаючи геноміку, метадані, електронні медичні картки та біометрію, для сучасної цілодобової діагностики. Створення системної біомедицини

Охорона здоров'я – це багатовимірна система, створена з метою профілактики, діагностики, лікування, реабілітації та рекреації пацієнтів і для вирішення проблем, пов'язаних зі станом здоров'я. Що більше маємо даних про стан здоров'я людини, то краще розуміємо відповідні біомедичні процеси.

Сьогодні людство працює з фантастичним обсягом даних, отриманих із моменту інтеграції таких ефективних технологій, як секвенування наступного покоління (NGS) і дослідження асоціацій усього геному (GWAS) для декодування генетики людини. Дані на основі NGS надають інформацію на глибинах, що раніше були недоступні, і виводять експериментальний сценарій у зовсім новий вимір. Замість вивчення одного гена наразі можливе вивчення всього геному організму в дослідженнях геноміки протягом заданого проміжку часу. Подібним чином замість вивчення експресії або транскрипції одного гена тепер можна вивчати експресію всіх генів або всього транскриптома організму. Технологія секвенування наступного покоління призвела до збільшення обсягу біомедичних даних, отриманих у результаті геномних і транскриптомних досліджень.

Кількість геномів людини, що секвенують до 2025 року, може скласти від 100 мільйонів до 2 мільярдів [Dash et al. 2019]. Об'єднання геномних і транскриптомних даних із протеомними та метаболомними даними може значно розширити наші знання про індивідуальний профіль пацієнта – підхід, який часто називають «індивідуальним, персоналізованим або точним медичним обслуговуванням». На жаль, медичні та біомедичні дані досі не об'єднано для доповнення наявних медичних відомостей інформацією про молекулярні патології. Така конвергенція може допомогти розгадати різні механізми дії або інші аспекти прогностичної біології. Систематичний та інтегративний аналіз даних у поєднанні з аналітикою охорони здоров'я може допомогти розробити ефективніші стратегії лікування, спрямовані на точну та персоналізовану медицину. Саме в цьому полягає новий напрям у медицині, що отримав назву «Системна біомедицина».

Засновані на геноміці експерименти – наприклад, генотипування, експресія генів і дослідження на основі секвенування наступного покоління – є основним джерелом великих даних у біомедичному напрямі охорони здоров'я поряд з електронними медичними картками, інформацією про рецепти в аптеках і страховими записами. Охорона здоров'я вимагає тісної інтеграції таких біомедичних даних із різних джерел для забезпечення кращого лікування та догляду за пацієнтами.

Ці перспективи надзвичайно захопливі і можуть виявитися вирішальним чинником у майбутній медицині й охороні здоров'я. Як правило, доводиться аналізувати велику кількість даних, отриманих унаслідок обстеження пацієнтів як для постановки діагнозу, так і для вибору методу лікування. Інтелектуальний аналіз подібного обсягу даних неможливий без застосування ШІ.

II. Істотне підвищення якості конкретних процедур надання медичної допомоги шляхом подолання інформаційної асиметрії

Можна виділити безліч різноманітних ситуацій, з якими пацієнти стикаються щодня, коли про обсяг і відповідність виконаних діагностичних і лікувальних дій поінформована лише одна сторона – медичні працівники. Інакше кажучи, пацієнт не знає, що саме він отримав, а якість медичної допомоги з'ясовується значно пізніше. Потенційні пацієнти, а іноді й потенційні експертні групи часто приховують справжні цілі своєї поведінки та використовують практично всі способи для отримання певних (власних) результатів. З іншого боку, пацієнти при отриманні амбулаторної медичної допомоги часто не надають лікарю всіх відомостей, які мають значення для визначення конкретного діагнозу чи правильного лікування. Застосування ІІІ практично унеможлиблює ці ситуації, оскільки надає вичерпну інформацію кожній стороні лікувально-діагностичного процесу. **Забезпечення комплексного (інтегрального, трансмурального) лікування пацієнтів** розглядається як відповідь на фрагментарне надання медичних і соціальних послуг, що є загальновизнаною проблемою в багатьох системах охорони здоров'я – фрагментарне надання медичних і соціальних послуг. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) надає таке означення: «комплексна медична допомога – це концепція, що об'єднує ресурси, надання, управління та організацію послуг, пов'язаних із діагностикою, лікуванням, доглядом, реабілітацією та зміцненням здоров'я. Інтеграція є засобом поліпшення послуг стосовно доступу, якості, задоволеності користувачів і ефективності» [Gröne and Garcia-Barbero 2002]. Стратегія подібного лікування є загальносвітовою тенденцією в реформуванні охорони здоров'я та у створенні нових організаційних механізмів, орієнтованих на більш скоординовані та інтегровані форми надання медичної допомоги. Вона базується на використанні єдиного інформаційного медичного смарт-простору, реалізація якого можлива лише за допомогою ІІІ. Головний принцип – забезпечення безперервності та наступності догляду за пацієнтами. Останнє тісно пов'язано з комплексним доглядом і підкреслює можливість пацієнта отримати повну медичну послугу в системі охорони здоров'я та в системі соціальних послуг, забезпечуючи найважливіші дані для інтеграції систем. При цьому безперервність догляду містить три складові: безперервність інформації (за загальними записами); забезпечення наступності на всіх етапах надання первинної та вторинної медичної допомоги (планування виписки зі стаціонару від спеціаліста до лікаря загальної практики); безперервність професійної допомоги (процесом керує один спеціаліст, забезпечений постійно необхідною інформацією).

III. Створення гібридних систем колективного розуму (експертні висновки) та штучного інтелекту для обґрунтованого прийняття рішень у стратегії охорони здоров'я

Як приклад наведемо роботу, що стосується федерального навчання для прогнозування клінічних досліджень пацієнтів із COVID-19. Використано дані з 20-ти інститутів по всьому світу для навчання моделей, що включають

електронну медичну карту, дані рентгенографії грудної клітини, показники життєдіяльності, лабораторні дані та дані рентгенівських знімків грудної клітини. Для прогнозування механічної обробки вентиляції або смерті протягом 24-х годин система на найбільшому незалежному випробувальному полігоні досягла чутливості 0,95 та специфічності 0,88. У цьому дослідженні модель узагальнила різноманітні негармонічні набори даних для прогнозування клінічних досліджень пацієнтів із COVID-19, затвердивши основу для ширшого використання ШІ.

IV. Розвиток прогнозової аналітики

Прикладом може слугувати дослідження про використання ШІ для прогнозування ймовірності смерті від COVID-19. Спеціалісти зібрали дані про 16 тисяч пацієнтів із 20-ти установ по всьому світу та навчили модель штучного інтелекту розраховувати необхідний обсяг кисню для пацієнтів на апараті штучної вентиляції легень, а також ймовірність смерті через добу після госпіталізації. Модель пройшла тестування на п'яти континентах і зуміла довести свою надійність і універсальність. Найголовнішою перевагою науковці називають можливість застосовувати моделі з непідтвердженим діагнозом хвороби. В такому випадку лікар може вивчати дані пацієнта до результату ПЦР-тестів.

V. Підвищення безпеки лікарських засобів і узгодження обсягів лікарняної продукції

Гострота питання посилилася на фоні пандемії COVID-19. Під час зустрічі 25 лютого 2021 року представників Патентного пулу лікарських засобів (the Medicines Patent Pool – MPP) і Всесвітньої організації інтелектуальної власності (the World Intellectual Property Organization – WIPO) для подальшого просування стратегій та обміну інформацією в інтересах суспільної охорони здоров'я було підкреслено, що вкрай важливо сприяти інноваціям і доступу до технологій охорони здоров'я для COVID-19 шляхом: вивчення стратегій управління охороною здоров'я, що могли б сприяти інноваціям і доступу до таких технологій, обміну інформацією та інструментами на відповідних вебсайтах; сприяння прозорості патентів і збору патентної інформації про основні лікарські засоби (ЛЗ) шляхом взаємодії на скоординованій основі з національними та регіональними патентними відомствами для збору та обміну відповідними даними. Важливим є також встановлення зв'язків між даними та функціональними можливостями баз даних *PatentScope* та *MedsPaL*. Ефективне виконання подібних завдань неможливе без застосування ШІ.

VI. Застосування прецизійної медицини та відкриття лікарських засобів

Цей напрям застосування ШІ зумовлений тим, що при складній діагностиці захворювань, особливо при обмеженні в часі, забезпечити точність у прийнятті рішень персоналізованої генної медицини неможливо. Подібні випадки зустрічаються практично завжди при рідкісних генетичних хворобах. Більшість лікарів, якщо і знають про них, не здатні поставити диференційний діагноз на

основі традиційного фізичного та інструментального обстеження. Десятки та навіть тисячі захворювань клінічно між собою не відрізняються, але вимагають унікального лікування.

VII. Створення національної системи інтелектуального аналізу даних інструментальних досліджень

Застосування ІІІ у форматі національної системи інтелектуального аналізу інструментальних даних забезпечує обмін медичною інформацією про конкретних пацієнтів, очистку даних, виділення необхідної для діагностики релевантної та валідної інформації, визначення стану пацієнта та прогнозування перебігу патологічного процесу. ІІІ забезпечує можливість електронного переміщення клінічної інформації між різними інформаційними системами охорони здоров'я та збереження змісту обмінюваної інформації.

Мета обміну медичною інформацією полягає в полегшенні доступу до цільових клінічних даних, а також їх своєчасного вилучення для забезпечення безпечної, своєчасної, ефективної, дієвої та справедливої медичної допомоги, орієнтованої на пацієнта. Подібні центри також можуть використовуватися органами громадської охорони здоров'я для надання допомоги в аналізі стану здоров'я населення.

VIII. Створення ситуаційного національного центру аналізу епідеміологічних ситуацій

Стратегічні напрями та орієнтація національного здоров'я мають базуватися на фундаментальному розумінні про стан галузі охорони здоров'я, на своєчасному отриманні реалістичної картини сильних і слабких сторін системи охорони здоров'я, а також на глибшому розумінні причин виникнення цих сильних і слабких сторін. Послідовне та орієнтоване на потреби сектору охорони здоров'я планування неможливе без належної бази інформації, даних і доказів про поточний стан системи охорони здоров'я.

Постійне оцінювання наявних даних та аналіз ситуації у сфері охорони здоров'я має стати ключовим кроком політики та планування охорони здоров'я. Слід підкреслити, що аналіз ситуації у сфері охорони здоров'я здійснюється в різних масштабах – це залежить виключно від масштабу мети. Але завжди в аналізі мають бути включені не тільки основні фактори, але й конфаундери, зміни в навколишньому середовищі, соціальні чинники тощо.

IX. Застосування ІІІ в медичній освіті та в безперервному професійному розвитку лікарів і провізорів.

Напрямок забезпечує принципово нові переваги процесів підготовки спеціалістів у галузі. Це обумовлюється здійсненням процесів, що раніше практично були неможливі:

1. Обсяги навчальної інформації постійно зростають. Забезпечити якісний трансфер знань та вмінь, формування компетентностей у студентів, магістрів, лікарів і провізорів під час їхнього безперервного професійного розвитку (БПР) стає досить складним завданням. Серед таких складностей можна виокремити:

персоналізацію навчання, створення індивідуальної навчальної траєкторії, персоналізованої освітньої сфери для самонавчання, а також неформальної та інформальної освіти, **своєчасного консультування** стосовно засвоєння складних аспектів знань. Саме ці напрями вже сьогодні стають можливими для використання ШІ.

2. Натепер для вирішення проблем освіти запропоновано **онтології знань**, проте розвиток **трандисциплінарності** освіти, ефективного використання предметних онтологій, а тим більше забезпечення **інтероперабельності онтологій** практично неможливе без ШІ.

3. Ще один важливий напрям застосування штучного інтелекту — оцінювання та моніторинг знань суб'єктів навчання. ШІ може імітувати поведінку викладача при оцінюванні знань і вмінь під час самостійної роботи суб'єкта навчання в освітньому середовищі, забезпечити моніторинг і адаптивний контроль знань. Стане можливим мобільне навчання, постійний зворотний зв'язок із суб'єктами навчання, швидка відповідь на їхні запити.

4. До очевидних переваг застосування ШІ можна зарахувати забезпечення різноманітними освітніми програмами, в яких темп навчання та навчальний підхід оптимізовано для потреб кожного суб'єкта навчання. ШІ, враховуючи психологічні характеристики суб'єкта навчання, може знайти найкращий потрібний темп і порції (кванти) навчального матеріалу для найкращого засвоєння освітньої програми.

5. Важливим аспектом застосування ШІ є забезпечення якості освіти, насамперед дистанційних форм поширення знань за допомогою **технології прокторингу** шляхом інтелектуалізованого відеоконтролю навчального процесу і особливо тестового контролю засвоєння навчального матеріалу.

Х. Додаткові можливості ШІ в медицині:

1. Забезпечення когнітивної гармонізації у сімейній медицині (системи лікар-пацієнт).

2. Підтримка госпітальних оперативних ініціатив, що збільшують економію грошей, підвищують задоволеність пацієнтів і задовольняють їхні кадрові та трудові потреби.

3. Створення національної системи адресного консультування громадян України.

4. Діагностична аналітика з використанням медичної візуалізації (наприклад, комп'ютерна томографія, рентген, магнітнорезонансна терапія, електрокардіограма, патологічні зображення) або геномні, поведінкові та інші клінічні дані (наприклад, симптоми, сімейний анамнез).

5. Персоналізовані рекомендації з лікування, що засновані на клінічних, геномних і поведінкових даних.

6. Індивідуальне та колективне прогнозування. Запобігання небажаних явищ.

7. Регулярна інтеграція медичних зображень з іншими клінічними даними для ефективного моніторингу інтенсивної терапії у пацієнтів, невідкладної діагностичної інтерпретації і підвищення ефективності лікування.

8. Доступ до онлайнсервісів (онлайнконсультації, запис на прийом, зміна лікувального закладу).
9. Надання технології взаємодії з пацієнтами для підтримки самодопомоги.
10. Розширення прав і можливостей пацієнтів через доступ до їхніх медичних даних.
11. Інтеграція інструментів взаємодії з пацієнтами (наприклад, чат-боти, переносні та мобільні пристрої).
12. Навчання пацієнтів, прийняття поінформованих рішень, самоконтроль профілактики та самоконтроль хронічних станів.
13. Канали взаємодії пацієнтів із постачальниками медичних послуг, системами та сервісами.
14. Інтеграція важливих даних про пацієнтів із мобільних пристроїв і додатків для здоров'я в електронну систему охорони здоров'я.
15. Оптимізація робочих процесів і розподілу ресурсів, покращення операційної ефективності.
16. Прогнозування завантаження системи охорони здоров'я на конкретний період і необхідні ресурси (персонал, обладнання та приміщення).
17. Інтегрована голосова технологія в електронній системі охорони здоров'я для клінічної документації, введення даних, голосовий інтерфейс, питання та відповіді.
18. Інтегрована можливість аналізу даних про стан здоров'я (лікарські примітки, клінічні звіти) та надання критичних оглядів, автоматизоване створення епікризів конкретних пацієнтів за довільний проміжок часу патологічного процесу.
19. Спрощення операційних процесів за рахунок автоматизації за допомогою ШІ.
20. Сприяння моніторингу та управління здоров'ям населення, покращення самопочуття.
21. Моніторинг здоров'я населення.
22. Виявлення груп населення високого ризику.
23. Пріоритетизація (ранжування) груп пацієнтів за ризиками та ведення проактивних профілактичних втручань.
24. Дослідження соціальних детермінант охорони здоров'я та управління здоров'ям населення.

XI. Умови впровадження штучного інтелекту в галузі охорони здоров'я України

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає виконання низки заходів, спрямованих на підвищення якості та тривалості життя громадян України, зокрема:

- формування загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я, що забезпечує зберігання, цільове використання та захист персональних даних про здоров'я громадян на місцевому, регіональному та національному рівнях;

- упровадження телекомунікаційних, роботизованих, автономізованих технологій при створенні прогресивних систем медичної діагностики (віртуальних консультантів тощо);
- застосування нечітких і нейромережових СППР та СППР на основі генетичних алгоритмів і ансамблів дерев для встановлення діагнозів пацієнтів;
- застосування нейромережових технологій для моделювання та прогнозування епідеміологічних ситуацій.

ХІІ. Ризики та побоювання, пов'язані з використанням ШІ

Упровадження ШІ буде мати неймовірний соціальний ефект. Тому є побоювання, що, хоча штучний інтелект і принесе радикальне підвищення ефективності в різних сферах життєдіяльності, для звичайних людей застосування відповідних технологій несе загрозу безробіття і кар'єрної невизначеності, оскільки машини замінюватимуть «людські» робочі місця. Наприклад, на електронному майданчику *Amazon* арбітражем взаємних претензій покупців і продавців товарів займаються програми-роботи. Вони опрацьовують понад 60 млн претензій за рік, що майже в 3 рази більше кількості всіх поданих позовів через традиційну судову систему США.

На думку С. Хокінга, «автоматизація прискорить і без того зростаючу економічну нерівність у всьому світі. Інтернет і платформи, що роблять це можливим, дозволяють невеликим групам людей отримувати величезні прибутки при використанні дуже невеликої кількості помічників. Це неминуче, це прогрес, але він також є соціально руйнівним» [Hawking 2016].

Можна вважати розумними аргументи прихильників помірною впровадження ШІ та роботів, які пропонують стримувати темпи такого впровадження. Ймовірно, таких же змін слід очікувати і в сфері охорони здоров'я, хоча для нашої країни, можливо, це буде в чомусь навіть перевагою з огляду на серйозну проблему кадрового дефіциту, велику територію та низьку густоту населення.

ХІІІ. Основні труднощі впровадження ШІ в охороні здоров'я

Більшість досліджень, що порівнюють ефективність штучного інтелекту та клініцистів, **невалідні**, оскільки перевірки здійснюються на недостатньо великому матеріалі або надходять із різних джерел.

Цю складність можна було б подолати в епоху відкритої системи охорони здоров'я. Справді, відкриті дані та відкриті методи обов'язково привертатимуть велику увагу як нові методи досліджень.

Проте перехід до відкритої системи охорони здоров'я може виявитися складним для підприємств, що розробляють програмне забезпечення для охорони здоров'я. Це їх основний бізнес.

Найбільші складнощі викликає неможливість ідентифікувати ступінь деталізації діагнозу в конкретних клінічних випадках. При невеликій деталізації патологічного процесу ефективність ШІ може виявитися достатньою, але кожний новий крок може стати катастрофічним. Слід підкреслити, що пошук

оптимальної архітектури та конфігурації для нейронної мережі не є воротами до успіху, оскільки мережу потрібно навчити, перш ніж знайдене рішення може бути використане. Навчання мережі означає знаходження таких коефіцієнтів зв'язку між нейронами, які дозволяють довести точність роботи не нижче необхідного мінімуму. Значення коефіцієнтів знаходять у результаті навчального процесу. Це здійснюється шляхом надсилання вибірок даних — подібних до тих, які аналізувалися б у реальній ситуації — на вхід мережі, при цьому коефіцієнти зв'язку регулюються для мінімізації помилок опрацювання сигналу.

Дослідження, що повідомляють про застосування ШІ у клінічній практиці, обмежені ретроспективними планами та розмірами вибірки. Такі конструкції потенційно включають характеристики дисперсії, зміщення спектру, структуру конфаундерів. Іншими словами, моделі розробляються відповідно до певного набору даних, що практично не повторюються в інших наборах даних. Переоцінювання та калібрування різних досліджень повинні виконуватися для адаптації програмного забезпечення, а також для врахування коливань демографічних показників пацієнтів. Крім того, існує консенсус щодо необхідності розробки спеціальних адаптивних алгоритмів, призначених для гармонізації даних різних досліджень.

На жаль, моделі глибокого навчання та навчання з підкріпленням дають недостатнє уявлення про відносну важливість вхідних даних моделі у визначенні результатів. Імовірнісні графічні моделі забезпечують візуальне представлення діяльності моделі, але не дають можливості аналізу деталей. Тому ШІ слід використовувати для посилення процесу прийняття рішень фахівця, а не для його заміни. Хірург може робити помилки одну за одною, але *помилкова модель* може завдати шкоди сотням або тисячам пацієнтів у всьому світі за короткий проміжок часу.

Моделі ШІ повинні навчатися на високоякісних даних, результати повинні бути ретельно інтерпретовані добре підготовленими клініцистами, а їх ефективність має порівнюватися безпосередньо з традиційними системами оцінки під час проспективних клінічних випробувань, щоб підтвердити спостереження з ретроспективних досліджень. Оскільки невідкладні системи впливають на медичних та хірургічних пацієнтів будь-якого віку, майбутні дослідження повинні перевірити застосування штучного інтелекту для невідкладних систем у галузі медицини.

Протиставлення ШІ лікарям, хоча й добре представлене у науковій літературі – навряд чи найкращий спосіб вирішити питання порівняння ефективності. Нині деякі дослідження підходять до взаємодії лікарів та алгоритмів як поєднання людського та штучного інтелекту. Можливим є зіставлення діагнозів при моніторингу патологічного процесу. Але це практично неможливо в невідкладній медицині. Крім того, вкрай складним виявляється визначення порогів для прийняття рішень. Таким чином, на сьогодні остаточного рішення щодо практичного використання ШІ не існує. Утім, неухильне зростання точності діагностики за допомогою модулів ШІ постійно змінює ситуацію.

XIV. Штучний інтелект і біоетика

Етика штучного інтелекту є частиною етики технологій, призначеної для роботів та інших штучних інтелектуальних істот. Вона поділяється на робоетика, що вирішує питання моральної поведінки людей при проектуванні, конструюванні, використанні та лікуванні штучно розумних істот, і машинну етику, що стосується проблеми моральної поведінки штучних моральних агентів (ШМА). Здатність роботів до автономних дій зумовлює потребу в етичних нормах, які б визначали їхню поведінку.

Р. Кало означає робота як машину з трьома якостями:

- робот може відчувати своє середовище;
- робот має здатність опрацьовувати інформацію, яку він відчуває;
- робот організований так, щоб діяти безпосередньо в середовищі, що його оточує.

Парадигма «Почувай, думай, дій» найкращим чином відображає те, як роботи відрізняються від попередніх технологій, таких як ноутбук [Calo 2016].

«Права роботів» – це концепція, відповідно до якої люди повинні мати моральні зобов'язання перед своїми машинами, подібні до прав людини або тварин. Права роботів – зокрема право на існування та виконання своєї власної місії – варто пов'язати з обов'язком робота служити людині, подібно до поєднання прав людини з обов'язками людини перед суспільством. Ці права можуть включати право на життя та свободу, свободу думки та висловлювань, а також рівність перед законом.

Європейський парламент узяв до розгляду проєкт Резолюції про правовий статус роботів як «електронної особистості» («електронної особи»).

Проєктом Резолюції запропоновано покласти основну відповідальність на виробника та зобов'язати виробників і власників роботів мати страхування. Проте він також передбачає розподіл відповідальності між виробником і власником, залежно від ситуації. Документ також передбачає наділення роботів статусом «електронних особистостей», які мають специфічні права й обов'язки.

Резолюція встановлює загальні етичні принципи розвитку робототехніки та штучного інтелекту для використання в громадянському суспільстві, які мусять бути враховані при соціальному, екологічному впливі та впливі робототехніки на здоров'я людей і могли б забезпечити відповідність дій роботів правовим, етичним стандартам і стандартам безпеки.

Це стосується насамперед питань безпеки. Резолюція передбачає зобов'язання для розробників роботів інтегрувати в механізм аварійний вимикач із метою їх миттєвого відключення в надзвичайних ситуаціях. У цілому Резолюція має на меті врегулювати правове становище роботів у людському суспільстві, для чого пропонується:

1. Створити спеціальне Європейське агентство з робототехніки та штучного інтелекту.
2. Надати нормативне означення «розумному автономному роботу».
3. Розробити систему реєстрації найбільш просунутих роботів разом із системою їх класифікації. Зобов'язати розробників роботів надавати гарантії відсутності ризику отримання травм або шкоди від роботів.

4. Розробити нову структуру звітів для компаній, що потребують роботів, про вплив робототехніки та штучного інтелекту на економічні результати компаній [Каткова 2016].

У професійному співтоваристві активно обговорюють створення першої Децентралізованої автономної організації (Decentralized Autonomous Organizations, DAO) – по суті, електронної юридичної особи. Причина такої уваги очевидна: це одна з перших компаній, керована за допомогою розумних контрактів (smart contracts), які виконуються без традиційних органів на зразок генерального директора чи ради директорів.

Наприклад, Децентралізована автономна організація функціонує за допомогою контракту-програми, що регулює прийом криптовалюти, яка використовується для фінансування та діяльності організації, а також конвертацію прийнятої криптовалюти в токени (аналог акцій у традиційній компанії) [Вашкевич 2017].

Замість резюме. Упровадження систем штучного інтелекту в медицині справедливо вважають одним з найважливіших трендів розвитку медицини. Більш того, за штучним інтелектом майбутнє і воно настає вже сьогодні. Технології штучного інтелекту докорінно змінюють усю систему охорони здоров'я, створюючи принципово нову платформу ранньої та диференціальної діагностики захворювань, забезпечуючи реальну персоналізацію надання медичної допомоги, будуючи теорію реабілітації хворих та рекреації довілля. Змінюється стратегія пошуку нових лікарських засобів, суттєво підвищується якість послуг охорони здоров'я.

Генеральний директор Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) Тедрос Адханом Гебреєсус (Tedros Adhanom Ghebreyesus) відзначив, що, «як і всі нові технології, штучний інтелект може бути використаний неправильно і завдати шкоди пацієнтам». У червні 2021 року ВООЗ вказала на можливі негативні наслідки застосування штучного інтелекту в медицині, якщо в основі його розробки, розгортання і застосування не будуть лежати етичні принципи і захист прав людини. Тому питання як використовувати всі можливості новітніх технологій і як не нашкодити інтересам людей, залишається актуальним. Це глобальне завдання покладається на науковців, фахівців з охорони здоров'я, а також усіх, кому не байдуже майбутнє людства.

Mincer O.

To Subsection 7.3, Section 7 Artificial Intelligence in Medicine

Heated debates over the existence of artificial intelligence (AI) today are mostly caused by to the lack of a clear understanding of what “intelligence” is. Let it be assumed that AI in medicine will primarily implement a decision support strategy that will be constantly improved through the accumulation of new data. The following areas can be identified if contemplating the potential uses of AI in this regard.

1. Implementation of technologies that involve the use of big data analysis algorithms (information on the health status of the population, results of functional, clinical, laboratory and genetic studies) and automatic image and speech recognition systems. This will provide new opportunities in health care, in particular: reducing the number of medical errors; increasing the accuracy and speed of diagnosis; ensuring more effective interaction between the doctor and the patient; effective forecasting of complications of pathological processes, targeted prevention of diseases, monitoring of patient's condition. In connection with the emergence of new technologies and a huge amount of data obtained during the surgical care of patients, a new scientific discipline was created, Surgical Data Science (SDS). The main goal of SDS is to improve the quality of interventional medical care by collecting, organizing, processing, and modeling data. Within SDS, complex data can come from a variety of sources, including users, operators involved in service delivery, and sensors to measure patient and procedure data. Knowledge of the subject area is also used. SDS-based AI and machine learning applications are developed with end-to-end support for operational solutions and security enhancements. Current gold standard assessments of intraoperative technical and non-technical skills are based on observation and peer review. Although these methods are widely used, there are many limitations related to the inherent subjectivity of these instruments, suboptimal inter-rater reliability, and limited reproducibility and scalability. The use of AI applications, especially computer vision, presents an extraordinary opportunity to automate, standardize, and scale performance assessment in surgery, including cardiothoracic surgery. Previous studies have documented the reliability of video-based surgical motion analysis for assessing laparoscopic performance in the operating room compared with the traditional, time-consuming approach.
2. The use of AI in pharmacology will speed up the development of new medicines and reduce their cost. One of the most powerful computer algorithms for calculating the protein folding process - one of the important components of pharmacological research - has been developed. The first medication completely developed by artificial intelligence has already appeared. It is a drug for the treatment of an obsessive-compulsive disorder, created by an artificial intelligence system of an Oxford biotech company. A system was used that automatically analyzed patients' genetic data and found molecules that could be used in a new medication.
3. The application of AI in, epidemiology seems to be extremely important. AI and cloud services became especially necessary during the coronavirus pandemic when they made it possible to ensure the interaction of medical professionals in real-time with the help of communication platforms that are able to recognize spoken and written speech in different languages (chatbots, voice assistants, machine translation systems). and predict the spread of disease. With the help of artificial intelligence, they model the scale of the spread of the coronavirus in different

regions of the world. In the development of the algorithmic model, statistics on the sick, the dead, and those who recovered in the provinces of China were used. Clinical epidemiology actively developed as a discipline in the second half of the twentieth century. Modern technologies open new perspectives in epidemiology, including genetic epidemiology, using registry disease, paying attention to individual data on health and the needs of medical services, as well as taking into account social conditions (education, profession, employment, etc.). With lifetime follow-up, this would enable large-scale multivariate observational population-based studies suitable for epidemic prevention and a range of diseases. The use of knowledge bases becomes an important element. The World Health Organization (WHO) has pioneered multi-country databases such as the WHO Health for All database, which includes key health indicators for European countries since the 1970s. Such databases are important tools for health education and policy advocacy. But perfect analysis is a complex procedure that can only be effectively provided with the help of artificial intelligence.

4. Image analysis system (in pathology – biopsy analysis, computer tomography, magnetic resonance imaging, etc.). The analysis of medical images (for example, images of computed tomography and magnetic resonance imaging) for the diagnosis of diseases (primarily oncological) is the basis of a scientific direction called radiomics and is developed at the intersection of radiology, computer technologies, and mathematical statistics. In recent publications, AI accuracy values of 93% when processing radiological images, magnetic resonance imaging images, mammograms, and results of prenatal ultrasound examinations, 94.5% when diagnosing tuberculosis, and 96.5% when predicting ulcer incidence are given [Anderson et al. 2021]. It is believed that the real capabilities of AI at the present time can be estimated by the following simple rule: “If a typical person can do a mental task with less than one second of thought, we can automate it using AI.” [Ng 2016]. It is expected that the use of AI will allow in the future to abandon invasive diagnostic procedures, which are accompanied by a high risk of developing complications. Already now, the analysis of medical images based on artificial intelligence and cloud services increases the accuracy of detecting the disease and predicting its development. The use of AI is not only the only decisive factor in improving the quality of medical care for patients, but it will also lead to revolutionary changes in such areas as medicine, biology, and education. Let's consider them more thoroughly.

I. Transforming medicine into a broader social field that uses all forms of health data, including genomics, metadata, electronic health records, and biometrics, for timely, 24/7 diagnostics. Creation of systemic biomedicine

Health care is a multidimensional system designed to prevent, diagnose, treat, rehabilitate and rehabilitate patients and solve health-related problems. The more data

we have about a person's health, the better we understand the relevant biomedical processes.

Today, humanity is working with a fantastic amount of data obtained since the integration of powerful technologies such as next-generation sequencing (NGS) and genome-wide association studies (GWAS) to decode human genetics. NGS-based data provide information at previously inaccessible depths and take the experimental scenario to a whole new dimension. Instead of studying a single gene, it is currently possible to study the entire genome of an organism in genomics research within a given period of time. Similarly, instead of studying the expression or transcription of a single gene, it is now possible to study the expression of all genes or the entire transcriptome of an organism. Next-generation sequencing technology has led to an increase in the volume of biomedical data obtained from genomic and transcriptomic studies.

The number of human genomes sequenced by 2025 could be between 100 million to 2 billion [Dash et al. 2019]. Combining the genomic and transcriptomic data with proteomic and metabolomic data can greatly enhance our knowledge about the individual profile of a patient – an approach often ascribed as “individual, personalized or precision health care”. Unfortunately, healthcare and biomedical big data have not yet converged to enhance healthcare data with molecular pathology. Such convergence can help unravel various mechanisms of action or other aspects of predictive biology. Systematic and integrative analysis of omics data in conjugation with healthcare analytics can help design better treatment strategies towards precision and personalized medicine. It is the essence of the systems biomedical science.

Genomics-based experiments such as genotyping, gene expression, and next-generation sequencing-based studies are a major source of big data in biomedical healthcare, along with electronic medical records, pharmacy prescription information, and insurance records. Healthcare requires a strong integration of such biomedical data from various sources to provide better treatments and patient care.

These prospects are extremely exciting and might turn out to be a game-changer in future medicine and health. Generally, it requires analyzing a large amount of data obtained from examination both for diagnosis and for choosing treatment option. Intelligent analysis of this amount of data is impossible without the use of AI.

II. Significant improvement in the quality of specific medical care procedures by overcoming information asymmetry

It is possible to distinguish multiple issues that patients face every day when only one group – medical professionals – is informed about the scope and appropriateness of performed diagnostic and treatment actions. In other words, patients do not know what treatment they have received, and the healthcare quality remains vague. Potential patients and potential expert groups often conceal the true reasons for their actions and resort to all methods in order to obtain certain (own) results. On the other hand, patients do not provide an essential information for determining a diagnosis or proper treatment. The use of AI makes it virtually impossible, since it provides comprehensive information both to the patient and the doctor. The provision of complex (integral, transmural) treatment of patients is considered a response to the

fragmented provision of medical and social services, which is a generally recognized problem in many healthcare systems – the fragmented provision of medical and social services. The World Health Organization (WHO) provides the following definition: “Integrated care is a concept bringing together inputs, delivery, management and organization of services related to diagnosis, treatment, care, rehabilitation and health promotion. Integration is a means to improve the services in relation to access, quality, user satisfaction and efficiency.” [Gröne and Garcia-Barbero 2002]. The strategy of such treatment is a global trend in healthcare reform and the creation of new organizational mechanisms focused on more coordinated and integrated forms of medical care. It is based on the use of a single information medical smart space, the implementation of which is possible only with the help of AI. Integration and continuity are the core principles of care. Continuity of care is closely related to integrated care and emphasizes the patient’s perspective through the system of health and social services, providing valuable lessons for the integration of systems. Continuity of care is often subdivided into three components: continuity of information (by shared records); continuity across the secondary-primary care interface (discharge planning from specialist to generalist care); provider continuity (seeing the same professional each time, with value added if there is a therapeutic, trusting relationship).

III. Creation of hybrid systems of collective intelligence (expert opinions) and artificial intelligence for informed decision-making in healthcare strategy

Federated learning for predicting clinical outcomes in patients with COVID-19 is a striking example of this. Scientists used data from 20 institutes across the globe to train a FL model, called EXAM (electronic medical record (EMR) chest X-ray AI model), that predicts the future oxygen requirements of symptomatic patients with COVID-19 using inputs of vital signs, laboratory data and chest X-rays. For prediction of mechanical ventilation treatment or death at 24 h at the largest independent test site, EXAM achieved a sensitivity of 0.950 and specificity of 0.882. In this study, FL generated a model that generalized across heterogeneous, unharmonized datasets for prediction of clinical outcomes in patients with COVID-19, setting the stage for the broader use of FL in healthcare.

IV. Development of predictive analytics

Study on AI model for predicting the mortality of COVID-19 patients is a striking example of this. Researchers collected data of 16,148 cases from 20 institutions across the globe for the purpose of training of the model to predict the oxygen requirements in mechanically ventilated patients, as well as the in-hospital mortality rate. The model has been subjected to tests across four continents, and proved its robustness and adaptability. Scientists believe that the core advantage is the model’s usability concerning unconfirmed diseases. In that case, a health professional is able to study health information of the patient prior to PCR testing.

V. Improving medication safety and coordinating the volumes of medical supplies and equipment

The COVID-19 pandemic has made this issue even more pressing. On February 25, 2021, the Medicines Patent Pool (MPP) and the World Intellectual Property Organization agreed to work together to further advance strategies and information sharing for public health. It is extremely important to facilitate innovation and access to health technologies for COVID-19 by: exploring management strategies that could facilitate innovation and access to such technologies, sharing information and tools on respective websites; promoting patent transparency and the collection of patent information on essential medicines, by engaging in a coordinated manner with national and regional patent offices to collect and share relevant data. It is also important to establish data/functionality linkages between the PATENTSCOPE and MedsPaL databases. It is impossible without AI.

VI. Application of precision medicine and drug discovery

This AI application is crucial since it is impossible to provide accurate decision-making in personalized medicine throughout the complex time-limited diagnostic process. These are generally cases of rare genetic disorders. The majority of healthcare professionals are not able to make a differential diagnosis based on traditional physical and instrumental examination. Tens of thousands of diseases are clinically indistinguishable, but require tailored treatment.

VII. Creation of the national data mining system for intellectual analysis of instrumental research data

National data mining system enables the exchange of health information of patients, data cleansing, setting relevant and valid data for diagnostic purposes, determining patient's health status and predicting the course of disease. AI provides the capability to electronically move clinical information among disparate healthcare information systems and maintain the meaning of the information being exchanged.

The goal of health information exchange is to facilitate access to and retrieval of clinical data to provide safe, timely, efficient, effective and equitable patient-centered care. Health information exchange can also be used by public health authorities to assist in the analysis of the health of populations.

VIII. Creation of the national center for epidemiology

The strategic directions and the principal orientation of a national health policy, strategy or plan need to be grounded in a sound understanding of the status of the health sector, in obtaining a realistic snapshot of the strengths and weaknesses of a country's health system, as well as a more profound understanding of the reasons behind those strengths and weaknesses. Coherent and needs-oriented health sector planning cannot take place without an adequate base of information, data, and evidence on the current state of the health system.

A health sector situation analysis is a crucial step in the health policy and planning cycle. A health sector situation analysis need not always be undertaken on a large scale – it depends solely on the scale of the objective. However, the analysis should include not only the principal factors, but also confounding factors, environmental factors, social factors, etc.

IX. Application of AI in medical education and continuous professional development of doctors and pharmacists.

The direction provides fundamentally new advantages for the processes of training specialists in the field. This is due to the implementation of processes that were practically impossible before:

1. Volumes of educational information are constantly growing. Ensuring the quality transfer of knowledge and skills, and the formation of competencies among students, masters, doctors, and pharmacists during their continuous professional development (CPD) becomes a rather difficult task. Among such difficulties, one can single out: the personalization of education, the creation of an individual educational trajectory, a personalized educational sphere for self-study, as well as informal and informal education, and timely counseling regarding the assimilation of complex aspects of knowledge. It is these areas that are already becoming possible for the use of AI today.
2. So far, knowledge ontologies have been proposed to solve the problems of education, but the development of transdisciplinarity of education, the effective use of subject ontologies, and even more so ensuring the interoperability of ontologies is practically impossible without AI
3. Another important area of application of artificial intelligence is the evaluation and monitoring of the knowledge of subjects of study. AI can simulate the teacher's behavior in assessing knowledge and skills during independent work on the subject of learning in the educational environment and provide monitoring and adaptive control of knowledge. Mobile training, constant feedback with subjects of training, and quick response to their requests will become possible.
4. Among the obvious advantages of using AI can be counted as the provision of various educational programs in which the pace of learning and the learning approach are optimized for the needs of each subject of learning. AI, taking into account the psychological characteristics of the subject of learning, can find the best necessary pace and portions (quanta) of educational material for the best assimilation of the educational program.
5. An important aspect of the application of AI is ensuring the quality of education, primarily remote forms of knowledge dissemination using proctoring technology through intellectualized video control of the educational process and especially test control of the learning of educational material.

X. Additional possibilities of AI in medicine:

1. Cognitive harmonization of family medicine (doctor–patient relationship).
2. Initiatives to reduce costs, enhance patient experience and meet staff needs.

3. Adoption of the national platform to provide medical consultations to the citizens of Ukraine.
4. Diagnostic analytics using medical imaging (CT-scan, X-rays, MRI, ECG/EKG, pathological images) or genomic, behavioral, and other clinical data (e.g., symptoms, family health history).
5. Personalized treatment recommendations based on clinical, genomic, and behavioral data.
6. Prediction and prevention of adverse events.
7. Routine integration of medical imaging with other clinical data for triage and critical care monitoring, diagnostic interpretation, and treatment modification.
8. Access to online services (online consultation, appointment booking, drug renewal).
9. Patient self-management support via technology.
10. Patient empowerment via access to their health data.
11. Patient engagement solutions and tools (chatbots, wearables and mobile devices).
12. Patient education, informed decision-making, self-monitoring, and self-management of chronic conditions.
13. Channels for patients to interact with healthcare providers, systems, and services.
14. Integration of crucial patient data from wearable, mobile devices and health apps into the electronic healthcare system.
15. Optimization of work processes, resource allocation, operational efficiency improvement.
16. Predictions of the number of patients during a specific period and resources needed (staff, equipment, and facility).
17. Integrated voice technology in the electronic healthcare system for clinical documentation, data entry, voice interface, question asking and answering.
18. Integrated NLP capacity for processing narrative health data (doctor's notes, clinical reports) and providing critical summaries of key patient information.
19. Simplification of operational processes through AI automation.
20. Facilitating population health monitoring and management, improving wellness.
21. Population health monitoring.
22. Identification of high-risk population groups.
23. Prioritization of at-risk patient populations and management of proactive interventions.
24. Investigation of social determinants on healthcare and management of population wellness.

XI. Conditions for the introduction of artificial intelligence in the Ukrainian healthcare system

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine provides for the measures aimed at improving standards of living and increasing life expectancy, in particular at:

- building AI-powered national digital healthcare platform, which ensures the storage, targeted use and protection of health data at the local, regional and national levels;
- introducing telecommunication, robotic, automatized technologies in the process of advanced medical diagnostic systems development (virtual consultants, etc.);
- using fuzzy decision support systems and neural networks based on genetic algorithms and ensemble methods for diagnostics purposes;
- applying neural network technology for modeling and forecasting epidemiological phenomena.

XII. Risks and concerns related to the use of AI

Integration of AI will have an incredible social effect. Although artificial intelligence will drastically transform different walks of life, AI threatens to unleash mass unemployment and career uncertainty, since robots will replace human workers. For instance, Amazon resolves more than 60 million claims every year automatically, making use of artificial intelligence. It is almost three times more than the number of cases filed in the U.S. courts annually.

According to Hawking, automation “in turn will accelerate the already widening economic inequality around the world. The internet and the platforms that it makes possible allow very small groups of individuals to make enormous profits while employing very few people. This is inevitable, it is progress, but it is also socially destructive.”

Arguments for moderate use of AI and robots, which dwell on restraining the pace of AI integration are quite reasonable. Perhaps, same changes should be expected in the healthcare, although it will be an advantage for Ukraine considering labor shortage, land area and low population density.

XIII. The main difficulties of implementing AI in healthcare

The majority of studies comparing efficiency of AI vs. clinicians are found to have unreliable design and known to lack primary replication, i.e., the validation of the algorithms developed in samples coming from other sources than the one used to train algorithms. This difficulty could be overcome in the open science era as open data and open methods are bound to receive more and more attention as best practices in research. However, transitioning to open science could prove difficult for medical AI companies that develop software as a core business.

Some of challenges include the inability to identify accuracy of the diagnosis in specific cases. With little detalization of the pathological process, the effectiveness of AI may be sufficient, but each new step can be catastrophic. It should be emphasized that finding the optimal architecture and configuration for a neural network is not the

gateway to success, as the network needs to be trained before the solution found can be used. Training the network means finding such connection coefficients between neurons that allow you to prove the accuracy of the work is not lower than the required minimum. The values of the coefficients are found as a result of the educational process. This is done by sending data samples – similar to those that would be analyzed in a real-world situation – to the network input, with correlation coefficients regulated to minimize signal processing errors.

Studies reporting AI application in clinical practice are known to be limited because of retrospective designs and sample sizes. Such designs potentially include variance characteristics, spectrum shifts, and confounder structures. In other words, models are developed according to a certain set of data that are practically not repeated in other data sets. In addition, there is a consensus on the need to develop special adaptive algorithms designed to harmonize data from different studies.

Unfortunately, deep learning and reinforcement learning models provide insufficient insight into the relative importance of model inputs in determining output. Probabilistic graphical models provide a visual representation of the model's activity but do not allow for detailed analysis. Therefore, AI should be used to enhance the decision-making process of a specialist, not to replace it. A surgeon can make one mistake after another, but a faulty model can harm hundreds or thousands of patients worldwide in a short period of time.

AI models must be trained on high-quality data, results must be carefully interpreted by well-trained clinicians, and their performance must be directly compared to traditional scoring systems in prospective clinical trials to confirm observations from retrospective studies. As emergency systems affect medical and surgical patients of all ages, future research should test the application of artificial intelligence to emergency systems in the field of medicine.

Opposing AI to doctors, although well-presented in the scientific literature, is hardly the best way to address the issue of comparing effectiveness. Several studies are now approaching the interaction between clinicians and algorithms as the combination of human and artificial intelligence. It is possible to compare diagnoses in the process of monitoring patients with pathological processes. However, it is almost impossible in emergency medicine. In addition, it is extremely difficult to determine the thresholds for decision-making. Thus, today there is no final solution regarding the practical use of AI. Nevertheless, constantly improving AI-based diagnostic accuracy becomes a game-changer.

XIV. Artificial intelligence and bioethics

The ethics of artificial intelligence is a part of the ethics of technology for robots and other artificially intelligent beings. It is divided into robotic ethics, which addresses the issue of the moral behavior of people in the design, construction, use, and treatment of artificially intelligent beings, and machine ethics, which deals with the issue of the moral behavior of artificial moral agents (AMS). The ability of AI systems to act autonomously necessitates a set of ethical principles which would guide them.

R. Calo defines a robot as a machine with three qualities: 1) a robot can sense its environment; 2) a robot has the ability to process the information it senses; and 3) a robot is organized to act directly in the environment that surrounds it. The “Feel, Think, Act” paradigm best reflects how robots differ from previous technologies, such as the laptop [Calo 2016].

Robot rights is a concept claiming people to be under moral obligations to treat robots the same way they treat other people and animals. The rights of robots – in particular, the right to exist and perform one’s mission – should be associated with the duty of the robot to assist humans, similar to human rights and human responsibilities. These rights may include the right to life and liberty, freedom of opinion and expression, and legal equality.

The European Parliament has considered the draft Resolution on the legal status of robots as an “electronic personality”. The draft resolution proposes to place the main responsibility on the manufacturer and to oblige the manufacturers and owners of such unmanned vehicles to have insurance. However, it also provides for the division of responsibilities between the manufacturer and the owner, depending on the situation. The document provides for the granting of robots with the status of “electronic personalities” who have specific rights and responsibilities.

The resolution sets out general ethical principles for the development of robotics and artificial intelligence for use in civil society, which must be taken into account in the social, environmental and human health effects of robotics and could ensure that robots comply with legal, ethical and safety standards.

With regard to safety issues, the Resolution provides an obligation for robot developers to integrate an emergency switch into the mechanism in order to disable them immediately in emergencies. In general, the Resolution aims to regulate the legal status of robots in human society, which proposes:

1. Create a special European Agency for Robotics and Artificial Intelligence;
2. Give a normative definition of “reasonable autonomous work”;
3. Develop a system of registration of the most advanced robots together with a system of their classification;
4. Oblige robot developers to provide guarantees of no risk of injury or damage from robots;
5. Develop a new structure of reports for companies that need robots on the impact of robotics and artificial intelligence on the economic performance of companies [Katkova 2016].

Professional community is debating over creation of the first Decentralized Autonomous Organizations (DAO), which is essentially an electronic juridical person. The reason for that is obvious: it is one of the first entities which operates through smart contracts and has no traditional governing bodies – no CEO or board of directors.

For instance, DAO operates through a program regulating cryptocurrency transactions, which is used to finance and govern the organization, as well as the

conversion of the accepted cryptocurrency into tokens (analogous to shares in a traditional company) [Vashkevych 2017].

Summary. Integration of artificial intelligence systems in medicine is one of the most pivotal trends that will shape the future of the healthcare. Artificial intelligence is the future, and it is already coming. Artificial intelligence technology transforms the entire healthcare system, creating a fundamentally new platform for early and differential diagnosis of diseases, providing personalization of medical care, building the theory of rehabilitation of patients and environmental recreation. Artificial intelligence is changing drug discovery, and improving the quality of healthcare services.

Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, WHO Director-General said that “like all technology AI can also be misused and cause harm.”. In June 2021, the World Health Organization outlined the possible negative consequences of the AI application in medicine, if its integration will not be based on ethical principles and human rights protection. Therefore, the task of trending technologies application not causing negative effects remains relevant. This global challenge rests with scientists, health professionals, and anyone who cares about the future of humanity.

Рамазанов С. К.

До вступу

Нова модель світової економіки мусить відповідати п'яти імперативам — соціальній справедливості, гармонійній глобалізації, збереженню стійкості біосфери Землі, стабільності фінансової системи і конвергентному розвитку економік, формовану і керовану розумним світовим урядом.

Така трансформація повинна забезпечувати можливість практичної реалізації ноопідходу до розв'язання завдання формування індивідуальної і громадської свідомості у рамках формування принципово нового, що не зводиться тільки до прибутку і капіталізації, ноогармонійного образу світу — процесів, які відбуваються в єдиному ноотехнологічному просторі розвитку.

Суть процесу переходу соціуму від індустріального суспільства до інформаційного (постіндустріального) суспільства і від нього до суспільства, заснованого на знаннях (когнітивному), полягає не лише в глобальній інформатизації усіх сторін людської життєдіяльності і посиленні значення когнітивних чинників, але і в тому, що з'являються якісно нові характеристики процесу предметних трансакцій: *«матерія»* → *«енергія»* → *«інформація»* → *«знання»*.

Інакше кажучи, має місце перехід до нооімперативів економічних основ життєдіяльності і розвитку існуючої цивілізації, а отже й відповідне переформатування механізмів управління різними (економічними, науково-технічними і тому подібне) аспектами предметної діяльності членів соціуму як надбудови над природно-технічними процесами.

Таким чином, прогрес соціуму визначається соціально-економічною ефективністю процесу перетворень у техноприродному середовищі: матерії – на

енергію, енергії – на інформацію, інформації – в знання, а знань – у перетворену матерію і енергію з досягненням нової якості людської свідомості, після чого процес повторюється.

При цьому зниження уваги до гуманітарної складової життєдіяльності соціуму розриває процес формування гармонійної ноореальності.

У цих умовах головним завданням переходу через інформаційне суспільство до суспільства, ґрунтованого на знаннях (когнітивному), є не розвиток технічних аспектів інформаційно-комунікаційних процесів як частини науково-технічного прогресу, а самореалізація людини як частини (основи) конвергентної спільності «соціум» + «техноприродне середовище».

Звідси *інший характер економічного розвитку людства*: не модель «хижак — жертва» або «виробництво — споживання (ресурсів)», а модель когнітивної інтелектуалізації економічного механізму розвитку соціуму у взаємозв'язку з техноприродним середовищем, у тому числі обов'язковий домінувальний розвиток гуманітарної нооскладової.

Штучний інтелект (ШІ) – наукові знання і технологія створення інтелектуальних машин, програм, сервісів, додатків тощо. Він дає можливість техніці виконувати функції, які вважаються прерогативою людини.

Розвиток штучного інтелекту впливає на культурну самобутність і різноманітність культур. ШІ здатний позитивно впливати на індустрію культури й творчості, але, з іншого боку, може стати чинником концентрації виробництва культурного контенту, даних і, отже, доходів у руках дуже обмеженого круга учасників ринку, що потенційно негативно відіб'ється на різноманітності форм культурного самовираження й забезпеченні принципу рівності.

На думку топ-менеджерів провідних гравців світового ринку, у найближчі роки ШІ стане найкращим інструментом для просування та розвитку продуктів і послуг. За даними аналітичного моделювання, ШІ може забезпечити додатковий внесок у щорічне зростання ВВП на 1,2% протягом як мінімум наступного десятиріччя. У цілому, до 2030 року ШІ може забезпечити додаткову глобальну економічну активність у розмірі 13 трлн доларів, що зумовить збільшення його загального внеску в усі галузі поряд із упровадженням інших перетворювальних технологій. Станом на сьогодні ШІ вносить у світовий ВВП 1 трлн доларів. Аналітики також припускають, що близько 70% компаній в усьому світі приймуть принаймні одну форму ШІ до 2030 року в рамках масштабування своєї діяльності, а значна частина великих підприємств буде використовувати повний спектр наявних інновацій для посилення діючих напрямів бізнесу.

Сьогодні є проблеми, що стримують розвиток ШІ в Україні. Це відсутність чіткої стратегії розвитку ШІ, вітчизняної інфраструктури для його роботи, слабка поінформованість бізнесу про фундаментальні наукові розробки в сфері ШІ, недостатній для впровадження ШІ рівень цифровізації компаній, відсутність налагодженої на високому рівні роботи з даними, а також неправильне розуміння керівництвом компаній певних аспектів упровадження ШІ.

Загалом, урядовим структурам необхідно оперативно приймати рішення, які дадуть їм змогу йти в ногу з процесами у сфері ШІ і впливати на еволюцію технологій ШІ.

До розділу 1 «Парадигма»

Перехід до передових цифрових, інтелектуальних виробничих технологій, до роботизованих та механотропних систем, індустріальних інтернет-речей, до нових матеріалів й способів конструювання, створення систем обробки великих об'ємів даних, машинного навчання й штучного інтелекту в цілому є найважливішою проблемою в епоху Індустрії 4.0 та 5.0.

Нам сьогодні для стійкого й безпечного розвитку потрібні й важливі нові наукові дослідження, інтелектуальні, інформаційні, інноваційні технології та системи, зокрема системи і технології штучного інтелекту.

У сучасному нестабільному світі науковий напрям ШІ має ґрунтуватися на фундаментальних і системних міждисциплінарних наукових розробках та методологіях, з урахуванням багатьох нових викликів. Системи ШІ є нелінійними, складними і такими, що розвиваються. Тому наше означення ШІ, принципи й критерії синтезу систем ШІ багато в чому спираються на сучасні фундаментальні та інші дослідження, які є уточнювальними та перспективними. Технології та системи штучного інтелекту (СШІ) потрібно проектувати і конструювати на базі таких підсистем і компонентів: наукові основи, фундаментальні дослідження та математичне забезпечення (МЗ); технічне (апаратне) і технологічне забезпечення (ТЗ); системи, платформи й інструментарій програмного забезпечення (ПЗ); соціально-гуманітарне (морально-етичне, культурно-освітнє, філософське й правове) забезпечення (СГіПЗ).

Ми – сучасники зміни парадигми розвитку науки: від вузькоспеціалізованого знання і галузевої економіки до злиття наук і конвергенції технологій. Сьогодні виник новий науково-технологічний уклад, заснований на інтеграції: нано-, біо-, інформаційних, когнітивних і соціогуманітарних (НБІК ⊕ СГ) наук і технологій. Відзначимо, що стратегічна мета НБІК ⊕ СГ–конвергенції – це створення антропоморфних технічних систем, конструкційно подібних до створюваних живою природою («принцип природоподібності»).

Отже, головним науково-технологічним рушійним фактором в ХХІ столітті буде розвиток таких надтехнологій: штучного інтелекту, нанотехнологій, біотехнологій, медіатехнологій, когнітивних технологій і соціогуманітарних технологій. Більш конкретно, це - сучасний розвиток інноваційних технологій «НБІК ⊕ СГ». Тому потрібно відзначити важливість врахування принципу $I^2K^2+СГ$, тобто: інтелектуалізація, інтеграція, конвергенція, коеволюція й соціально-гуманітарні технології.

Важливим і необхідним є облік сучасних принципів проектування стійкої та безпечної СШІ і вирішення проблеми гармонізації між двома світами: реальним і віртуальним, особливо при їх гармонічній гібридизації.

До підрозділу 2.2 розділу 2 «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

Відомо, що природний інтелект є засобом оцінки діяльності свідомості людини, а еволюцію свідомості українські науковці вже здатні формалізувати математично. Тобто необхідним кроком у створенні штучного інтелекту є створення штучної свідомості, яка контролює процес прийняття рішень у розв'язанні поставлених завдань, згідно з отриманим досвідом та законами й правилами життєдіяльності людини, зокрема духовно-моральними цінностями людства.

Технології та системи штучного інтелекту слід проєктувати і конструювати на базі таких підсистем і компонентів: наукові основи, фундаментальні дослідження та математичне забезпечення; технічне (апаратне) і технологічне забезпечення; системи, платформи й інструментарій програмного забезпечення; соціально-гуманітарне (культурно-морально-етичне, філософське і правове) забезпечення.

У рамках розробки загальної теорії штучного інтелекту пропонується створити уніфіковану концепцію баз знань (БЗ), яка здатна об'єднувати інформацію за принципами реляційних, ієрархічних баз даних (БД) із залученням додаткових, більш складних принципів зв'язку між даними (наприклад, «зворотний зв'язок») і принципами відбору даних з відображенням причинно-наслідкових зв'язків. Важливим є питання розробки концепції ознак знань (за аналогом ознак даних).

Практичне значення у науковій, технічній та технологічній сферах: розробка загальнонаціональних автоматизованих баз знань за галузями науки і техніки (наприклад, бази знань математичних моделей і відповідних алгоритмів) і відповідних автоматизованих систем для прийняття рішень; розробка алгоритмів пошуку аналогій у різнопрофільних базах знань для генерації нових знань.

Результатом такого структурування і автоматизації повинен стати ефект підсилення розвитку науки, техніки і виробництва.

До розділу 3 «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)»

Мета Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) – забезпечення прискореного розвитку штучного інтелекту в Україні, стійкого і безпечного розвитку України, забезпечення широкого проведення наукових і фундаментальних досліджень в області штучного інтелекту, підвищення доступності інформації та комп'ютерно-комунікаційних ресурсів для користувачів, а також забезпечення вдосконалення системи підготовки спеціалізованих кадрів у цій сфері.

Основні принципи розвитку та використання технологій і систем штучного інтелекту, дотримання яких є обов'язковим для реалізації *Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030)*:

- ШІ мусить бути корисним для *людства*, сприяючи його інклюзивному росту, стійкому розвитку та добробуту;
- системи ШІ розробляються та використовуються лише за умови дотримання верховенства *права*, засадничих прав і свобод людини та демократичних цінностей, реалізація яких має забезпечуватися відповідними гарантіями – зокрема можливістю безперешкодного втручання людини у процес функціонування системи ШІ. Захист прав і свобод людини передбачає забезпечення права на працю і надання громадянам можливості отримувати знання і набувати навичок для успішної адаптації до умов цифрової економіки;
- забезпечення *прозорості* та відповідального розкриття інформації про системи ШІ, зрозумілості роботи штучного інтелекту і процесу досягнення ним результатів, недискримінаційний доступ користувачів продуктів, які створені з використанням технологій штучного інтелекту, до інформації про застосовувані в цих продуктах алгоритми роботи штучного інтелекту;
- системи ШІ повинні функціонувати надійно та *безпечно* протягом усього свого життєвого циклу, а оцінювання та управління потенційними ризиками має здійснюватися постійно. Недопустимим є використання штучного інтелекту з метою умисного заподіяння шкоди громадянам і юридичним особам;
- забезпечення *технологічного суверенітету*, тобто необхідного рівня самостійності, зокрема за допомогою переважного використання вітчизняних технологій штучного інтелекту і технологічних рішень, розроблених на вітчизняних технологіях штучного інтелекту;
- забезпечення *цілісності інноваційного циклу*, тобто тісної взаємодії наукових досліджень і розробок у сфері штучного інтелекту з реальним сектором економіки;
- здійснення й адаптація в пріоритетному порядку заходів, спрямованих на реалізацію *державної політики* в науково-технічній та інших сферах;
- розвиток *ринкових відносин* і неприпустимість дій, спрямованих на обмеження конкуренції між організаціями, що провадять діяльність у сфері ШІ.

Застереження, які варто враховувати під час розробки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030):

1. Ключовим регулятором та ініціатором впровадження Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні має бути держава, але задля успішної імплементації необхідна колаборація з розробниками, бізнесом, дослідницькими центрами, обмін досвідом та утворення партнерської мережі з іноземними партнерами. Це дозволить водночас уникнути зайвої монополізації повноважень та розвантажити державні органи.
2. У контексті входження України в європейську спільноту, під час впровадження систем моніторингу чутливої інформації на основі ШІ, зокрема щодо здоров'я, слід враховувати специфіку європейського ставлення до персональних даних громадян. Разом із тим, медицина, діагностування

симптомів таких хвороб, як COVID-19, є перспективним напрямом упровадження ШІ.

3. Наявні в Україні державні програми та законодавчі документи не до кінця розробили парадигмальне бачення розвитку ШІ, яке включало б такі компоненти, як: чітке розуміння мети й масштабів технологічної трансформації в світі; визначення місця України в глобальному розподілі виробництва інновацій та практичних механізмів досягнення цього місця.
4. Поряд із тим, що Україна має потенціал стати хабом для ІТ-компаній з пострадянського простору, що засвідчив приклад міграції фахівців з Білорусі в 2020 році, також слід визнати, що українські фахівці задіяні перш за все в міжнародних проєктах як постачальники додаткових послуг, а не лідери процесів. Держава має стимулювати участь українських фахівців у розробці продуктів, які будуть підтримувати вітчизняну економіку, а також будуть розраховані на потреби й перспективні галузі економіки – сільське господарство, альтернативна енергетика, освоєння космосу, озброєння (в тому числі – безпілотні літальні апарати).
5. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні повинна розвивати вже наявні нормативні документи, зокрема, Стратегію розвитку інформаційного суспільства в Україні, Концепцію розвитку сфери штучного інтелекту в Україні, але враховувати постійний розвиток технологій та зростання відповідальності (в тому числі – моральної) людей, які впроваджують технології ШІ до суспільного вжитку.

До розділу 5 «Світові стандарти у сфері штучного інтелекту»

Важливо, що штучний інтелект є одним з основних чинників у досягненні мети стійкого розвитку (відзначених 17 цілей ООН).

Відомий на сьогодні документ: «Керівні вказівки з питань етики для довіреного ШІ» (Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence), який може розглядатися як основа політики ЄС у сфері ШІ, в якому експерти ГЕВУ представили своє бачення етичних принципів довіри штучному інтелекту, опублікований 8 квітня 2019 року. У контексті рекомендацій системи штучного інтелекту розглядаються як технічні системи, здатні опрацьовувати інформацію способом, що нагадує розумну поведінку, яка зазвичай включає такі аспекти, як навчання, розпізнавання, прогнозування, планування та контроль.

Рекомендації розглядають інтелектуальні системи таким чином:

По-перше, системи ШІ характеризуються використанням моделей і алгоритмів, що забезпечують здатність навчання та розв'язання таких когнітивних завдань, як формулювання рекомендацій або ухвалення рішень у реальному й віртуальному середовищі. Інтелектуальні системи здатні функціонувати з різною мірою автономності шляхом моделювання знань і представлення отриманих результатів, а також використання даних і розрахунку кореляційних залежностей. У системах ШІ використовують декілька підходів і технологій: самонавчання системи, що включає глибоке навчання й навчання з підкріпленням; автоматизоване міркування, яке включає

планування, диспетчеризацію, представлення знань, пошук і оптимізацію; кіберфізичні системи, зокрема Інтернет речей і робототехніку; функції контролю та розпізнавання, що об'єднують у собі опрацювання даних, зібраних датниками, а також роботу виконавських елементів у середовищі функціонування систем ШІ.

По-друге, разом з аспектами етичного характеру, аналогічними тим, які виникають у рамках застосування будь-якої технології, системи штучного інтелекту ставлять перед людством питання нового типу. Деякі з них зумовлені тим, що інтелектуальні системи виявилися здатними робити те, що раніше було під силу тільки живим істотам, а у ряді випадків - тільки людині. Ці особливості дозволили покласти на системи ШІ нові серйозні завдання щодо забезпечення життєдіяльності людини й суспільства. Якщо спробувати зазирнути далі, то в довгостроковій перспективі системи штучного інтелекту зможуть змагатися з людиною з точки зору своєї здатності осмислення людського досвіду й моделювання людської свідомості, що породжує додаткові питання щодо реальної самостійності, унікальності й величч людини, хоча на сьогодні питання поки так не стоїть.

По-третє, попри те, що пов'язані зі штучним інтелектом питання етичного характеру переважно стосуються конкретної дії систем ШІ на людину й людське суспільство, існує й інший комплекс етичних питань, які належать до взаємодії людини з інтелектуальними системами, а також можливих наслідків, до яких така взаємодія може призвести. У Рекомендаціях зазначається, що обидва види етичних питань тісно взаємозв'язані і є невід'ємними компонентами етичного підходу до ШІ.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

Слід забезпечити розробку та застосування технологій ШІ при моделюванні, прогнозуванні та управлінні динамікою інфекційних захворювань з урахуванням просторово розподілених впливів в умовах фармако- та імунотерапії, а також застосування нейронних мереж, зокрема генетичних алгоритмів, при томографічній діагностиці біологічних об'єктів.

Ramazanov S.

To Introduction

The new global economy is characterized by five imperatives: social justice, harmonious globalization, maintenance of the biosphere, financial system stability, and convergence, formed and ruled by the sensible world government.

Such a transformation provides an opportunity for practical implementation of the new approach to individual consciousness and collective mind within the framework of the formation of fundamentally new neoharmonic worldview, which is not boiled down to gain and capitalization – processes that occur in a single neo-technology space.

The essence of transition from an industrial society to information (post-industrial) society and subsequently to the knowledge-based (cognitive) society consists not only in

global informatization covering all areas of human activity, and cognitive factors significance but also in emerging qualitatively new characteristics of the domain transactions: “matter” → “energy” → “information” → “knowledge”.

In other words, there is a transition to the neoimperatives of economic foundations of the existing civilization, and therefore the relevant reformatting of management mechanisms of various (economic, scientific, technical, etc.) aspects of the substantive activities as an additional element over natural and technical processes.

Therefore, social development is affected by the efficient socio-economic transformations in a technonatural environment: matter turns into energy, energy turns into information, information turns into knowledge, and knowledge turns into transformed matter and energy with the new quality of human consciousness; the process is repeated afterward.

With less attention paid to the human side of society hinders the formation of harmonious neoreality.

Under these conditions, the major task of the transition from an industrial society to information (post-industrial) society is not the advances in information and communication technologies as a part of scientific and technological progress, but the self-awareness of a human as a part (basis) of the convergent community “society” + “technonatural environment”.

Consequently, it gives rise to the *divergent nature of the economic development*: the model of cognitive intellectualization of the economic mechanism of society development relating to the technonatural environment, including the mandatory dominant development of the human neoconstituent emerges instead of the “predator – victim” or “production – consumption (resources)” model.

Artificial intelligence (AI) is scientific knowledge and technology concerned with building intelligent machines, programs, services, applications, etc. It enables machines to perform tasks commonly associated with human beings.

Artificial intelligence has an impact on cultural identity and cultural diversity. AI positively affects the cultural and creative industries. However, it may lead to a significant disparity in the distribution of cultural content, data, and income inequality, which may adversely affect the diversity of cultural expression and the principle of equality.

According to top-level managers of the largest companies, AI will become the best tool for promoting and developing products and services over the next few years. Artificial intelligence could contribute an additional 1.2 percent to annual gross domestic product growth for at least the next decade, according to a simulation from McKinsey Global Institute. Overall, AI could deliver \$13 trillion in additional global economic activity by 2030, putting its contributions to growth on par with the introduction of other transformative technologies. Nowadays, AI contributes US\$1 trillion to the global economy. The institute’s model expects about 70 percent of companies will adopt at least one form of AI by 2030, and that a significant portion of large firms will use a full range of the technology.

Nowadays, several challenges hinder the development of AI in Ukraine: lack of a clear AI strategy; poor infrastructure; poor awareness of AI advances among businesses; digital transformation failures; uncoordinated work on data; a lack of

understanding by the company's management of certain aspects of AI implementation.

To Section 1 Paradigm

Transition to advanced digital technology, intelligent manufacturing technologies, robotic mechanical systems, Industrial Internet of Things (IIoT), new materials and methods for design, big data processing systems, machine learning, and artificial intelligence is a key challenge in the era of Industry 4.0 and Industry 5.0.

Nowadays, safety and sustainability require new scientific research, intelligent technologies, and systems, information technology, and innovations, in particular AI systems and technologies.

In an unstable world, AI research and development should be based upon fundamental and systematic interdisciplinary scientific developments and methodologies, considering new challenges. AI systems are nonlinear, complex, and constantly advancing. Therefore, our definition of AI, the principles and criteria for the synthesis of AI systems rest on modern fundamental research and other types of scientific research; these are clarifying and promising. AI technologies and systems should be designed and built on the basis of subsystems and components: scientific foundations, basic research, and software; hardware and technical support; software systems, platforms, and tools; social component (morality and ethics, culture, education, philosophy, and legitimacy).

Contemporary science is going through a paradigm shift: from a particular area of knowledge and sectoral composition of the economy to the fusion of sciences and convergence of technologies. Nowadays, a new scientific and technological structure has arisen based upon the integration of nano-, bio-, information, cognitive, and human sciences and technologies. It is worth noting that the strategic goal of convergence is the creation of bio-inspired anthropomorphic technical systems (principles of biology and the natural world).

Super technologies become a key driving force of sustainable development in the 21st century: artificial intelligence, nanotechnology, biotechnology, media technologies, cognitive technologies, and social technology. Specifically, it is the contemporary development of innovations. Therefore, the principle of intellectualization, integration, convergence, coevolution, and social technology should be integrated.

It is essential to consider modern principles of AI sustainability and safety AI; and the concept of the physical world and digital world harmonization, taking their harmonious hybridization into account.

To Subsection 2.2 Main Directions of AI Research

It is known that natural intelligence is a measure of human consciousness. Ukrainian scientists are already able to give a mathematical formalization of the evolution of consciousness. Therefore, an essential step to building AI is to design

artificial consciousness, which drives decision-making, in accordance with the knowledge, laws, and rules of humanity, in particular spiritual and moral values.

AI technologies and systems should be designed and built on the basis of subsystems and components: scientific foundations, basic research, and software; hardware and technical support; software systems, platforms, and tools; social component (morality and ethics, culture, education, philosophy, and legitimacy).

As a part of the artificial intelligence theory, it is suggested to create a unified concept of knowledge bases to store structured information, resting upon the principles of relational and hierarchical databases, including additional, more complex principles of data communication and data selection, reflecting cause-and-effect relationships. It is important to develop the concept of characteristics of knowledge (similar to the characteristics of data).

Practical value in the scientific, technical and technological areas: building national automated knowledge bases (for example, the knowledge base to store mathematical models and relevant algorithms) and automated decision-making systems; building algorithms to find analogies across multiple knowledge bases for generating new knowledge.

Such structuring and automation may result in science, technology, and manufacturing advancement.

To Section 3 Aims and Objectives of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030)

Aim of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is to ramp up the development of artificial intelligence in Ukraine; to ensure sustainable and safe development of the country; to conduct scientific AI research; to increase the accessibility of information and computing resources for users; to enhance personnel training system in this area.

Key AI principles to comply within the process of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) implementation:

- AI should benefit *people* and the planet by driving inclusive growth, sustainable development, and well-being;
- AI systems should be designed to respect *rule of law*, human rights, democratic values, and diversity, which should be guaranteed, in particular, by being able to intervene in autonomous systems. Protection of human rights and freedoms provides for the right to work enabling citizens to gain knowledge and acquire skills to successfully adapt to the digital economy;
- there should be *transparency* and responsible disclosure to ensure understandability, and non-discriminatory access for users of AI-powered products to information about the algorithms of artificial intelligence used in these products;
- AI systems must function in a robust, secure, and *safe* way throughout their life cycles and potential risks should be continually assessed and managed, malicious use is unacceptable;
- there should be *technological sovereignty*, the assurance of the necessary level of self-sufficiency in the field of artificial intelligence, achieved through the

predominant use of domestic artificial intelligence technologies and technological solutions developed on the basis of artificial intelligence;

- there should be *innovation cycle integrity*, the assurance of the close collaboration of research and development in the field of artificial intelligence with an actual sector of the economy;
- prioritized implementation and adaptation of existing measures aimed at the execution of *government policies* in the scientific, technical, and other fields;
- development of *market relations* and the impermissibility of actions aimed at the restriction of competition between organizations that engage in activities in the field of artificial intelligence.

Points to consider

1. The government should be a key regulator and initiator of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine implementation. However, collaboration with developers, businesses, research centers, sharing experience, and international partnerships are factors necessary for the successful implementation of the strategy. It will regulate monopoly and ease the strain on state authorities.
2. As for the European integration, the introduction of tools for sensitive data monitoring, in particular health data, should be consistent with the law on data protection and privacy in the European Union. Nevertheless, artificial intelligence in healthcare and the diagnosis of COVID-19 is a promising direction for the introduction of AI.
3. Existing state programs and legislative documents in Ukraine have not formed a complete paradigmatic vision of AI development, which would include such components: a clear understanding of the purpose and scale of global technology transformation; setting Ukraine's position in the global distribution of innovations and outlining practical mechanisms for attaining the position.
4. Along with the fact that Ukraine has the potential to become a hub for the post-Soviet IT companies (as evidenced by the example of Belarus facing a brain drain in 2020), it should also be recognized that Ukrainian experts are engaged primarily in international projects as providers of additional services, and not leaders in processes. The government should stimulate the participation of Ukrainian professionals in the development of products that will support the national economy and will be designed for the needs and promising sectors of the economy – agriculture, renewable energy, space exploration, armament (including unmanned aerial vehicles).
5. The Strategy should promote existing regulatory documents, in particular, the Information Society Development Strategy and the Concept for the Development of Artificial Intelligence, considering Constantly Changing Technology and the growing responsibility (including moral) that lies with people who introduce AI technology for widespread use.

To Section 5 Global AI Standards

AI is one of the core factors in achieving the Sustainable Development Goals adopted by the United Nations.

In the EU's Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence, which may be considered the basis of the EU's AI policy, experts formulated ethics principles for trustworthy AI, published on April 8, 2019. As a recommendation, artificial intelligence systems are viewed as technical systems capable of processing information in a way resembling human intelligence, which typically includes such aspects as learning, recognition, forecasting, planning, and control.

First of all, AI systems are characterized by the use of models and algorithms that provide the ability to learn and solve cognitive problems such as formulating recommendations or decisions -making in a real and virtual environment. Intelligent systems are able to function with varying degrees of autonomy by modeling knowledge and presenting the results obtained, as well as using data and calculating correlation dependencies. AI systems use several approaches and technologies: self-learning of a system that includes deep learning and reinforcement learning; automated reasoning, which includes planning, dispatching, knowledge representation, search, and optimization; cyber physical systems, in particular, the Internet of Things and robotics; control and recognition functions that combine the processing of data collected by sensors, as well as the work of performing elements in the environment of functioning of AI systems.

Moreover, along with the aspects of an ethical nature similar to those that arise within the framework of the use of any technology, artificial intelligence systems pose new challenges. Previously, intelligent systems were able to perform tasks that were only possible for intelligent beings. These features have allowed putting new tasks to ensure the support for relationships between individuals and society. In the long run, artificial intelligence systems will be able to compete with humans in terms of their ability to comprehend human experience and mimic human consciousness, which raises additional issues about the actual independence, uniqueness, and greatness of a human being, although today that issue is not relevant.

Finally, despite the fact that artificial intelligence-related issues of an ethical nature mainly relate to the specific effect of AI systems on humans and society, there is another set of ethical issues that relate to human interaction with intelligent systems, as well as the possible consequences to which such interaction can lead. The Recommendations state that both types of ethical issues are closely interrelated and are integral components of an ethical approach to AI.

To Subsection 7.3, Section 7 Artificial Intelligence in Medicine

It is necessary to ensure the development and application of AI technology in modeling, predicting, and controlling the dynamics of infectious diseases, considering spatially distributed influences in pharmaco- and immunotherapy, as well as the use of neural networks, in particular genetic algorithms, in the tomographic diagnosis of biological objects.

Роскладка А. А.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Державна підтримка пріоритетних спеціальностей вищої освіти України

Реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні неможлива без належної підготовки висококваліфікованих кадрів у сфері штучного інтелекту. Згідно зі статтею 10 Закону України «Про вищу освіту», підготовка здобувачів повинна відбуватися відповідно до стандартів вищої освіти України.

Аналіз затверджених МОН України стандартів вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня вищої освіти показав, що жоден з бакалаврських стандартів не містить словосполучення «штучний інтелект». Цей аналіз дозволив виявити серед 108 стандартів лише 4 спеціальності, предметна область, компетентності або програмні результати яких містять термін «інтелектуальний аналіз даних»:

- спеціальність 113 «Прикладна математика»;
- спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»;
- спеціальність 124 «Системний аналіз»;
- спеціальність 126 «Інформаційні системи і технології».

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні виділяє значну кількість напрямів розвитку штучного інтелекту, проте виявляється, що це практично не відображено в нормативних документах, якими керуються ЗВО при проектуванні власних освітніх програм. Унесення змін до затверджених стандартів є доволі складним і довготривалим процесом, тому більш практичним кроком вважається забезпечення державної підтримки цих спеціальностей.

Конкретні способи державної підтримки повинні бути відображені в Умовах прийому для здобуття вищої освіти, які затверджує Міністерство освіти і науки України. Нинішні Умови прийому містять перелік спеціальностей, яким надається особлива підтримка. Проте вперше за багато років у 2022 році в цей перелік не увійшла жодна із зазначених чотирьох спеціальностей. З одного боку, це тішить, тому що означає досить високий прохідний бал для абітурієнтів за останні два роки (критерій виходу із групи пріоритетних спеціальностей). З іншого боку, відсутність підтримки з боку держави певною мірою означає відсутність зацікавленості у підготовці таких фахівців, що суперечить самій Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Таким чином, список основних завдань забезпечення реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні кваліфікованими кадрами необхідно доповнити таким пунктом: *віднесення освітніх спеціальностей (113 «Прикладна математика», 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз», 126 «Інформаційні системи і технології»), об'єктом вивчення яких є системи штучного інтелекту, до категорії пріоритетних спеціальностей з відповідною їх підтримкою на державному рівні.*

Roskladka A.

To Section 8 Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

State support for prioritized fields of study in Ukraine

The implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine without proper training of highly skilled AI specialists. Under Article 10 of the Law of Ukraine “On Higher Education”, educational institutions have to abide by high standards of education.

The analysis of the higher education standards of the bachelor’s degree obtained at the first level of education approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine revealed that artificial intelligence is missing among these standards. According to the analysis, there are only four out of one hundred and eight fields of study, subject areas, competencies, and program results which include “data mining”:

- Degree program 113 “Applied mathematics”;
- Degree program 122 “Computer science”;
- Degree program 124 “Systems analysis”;
- Degree program 126 “Information systems and information technology”.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine outlines a range of areas for AI adoption. However, it turned out that it is not reflected in the normative documents, which educational institutions act upon in the process of degree program creation. The amendment process associated with the approved standards is rather difficult and time-consuming, so support from the government would be a more reasonable solution.

Specific methods of state support should be described in the Admission Requirements approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine. Currently, the Admission Requirements document contains a list of state-funded degree programs. However, in 2022 none of the four fields of study is included on the list. On the one hand, it seems favorable because it means a fairly high passing score for entrants over the past two years (the criterion for the elimination from the list of priority specialties). On the other hand, the lack of support from the state leads to the lack of interest in training AI specialists. It is contradictory to the Ukrainian Strategy of Artificial Intelligence Development.

Therefore, the following task should be included in the list of strategic objectives, which contains the task of recruiting sufficient numbers of skilled staff:

Degree programs (113 “Applied mathematics”; 122 “Computer science”; 124 “Systems analysis”; 126 “Information systems and information technology”) focused on studying artificial intelligent systems should be included in the list of prioritized fields of study provided with relevant state funding.

До підрозділу 2.2 розділу 2 «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

Щодо розвитку архітектур штучного інтелекту

Три роки тому визнані корифеї галузі комп'ютерних архітектур Дж. Хеннесі та Д. Паттерсон [2019] задекларували початок нової золоті ери комп'ютерних архітектур (див. рис. 2). Тут «золота ера» означає те, що скінчився сорокарічний період бурхливого розвитку матзабезпечення при незначних досягненнях у галузі апаратного забезпечення і почався невідворотний період активної розробки нових різноманітних архітектур.

Цей перелом зумовлений гальмуванням закону Мура та неможливістю подальшого зростання енергоспоживання комп'ютерних мікросхем. Наслідком є те, що подальший прогрес галузі ІТ можливий лише при переході до спеціалізованих архітектур, зокрема таких, які керуються RISC-процесорами та при більш ретельному відношенні до створення алгоритмів та їх програмування. Для розвитку штучного інтелекту це має ряд наслідків.

1. У найближчому, та й далекому майбутньому використання високопродуктивних універсальних архітектур, в тому числі універсальної архітектури для штучного інтелекту, буде неефективним.
2. Про апаратний «штучний мозок» почали серйозно говорити у світі тоді, коли складність експериментальних зразків такого «мозку» перейшла межу близько 10^{11} транзисторів. Зараз такий «мозок» реалізується на більш-менш універсальній архітектурі графічного акселератора і використовується в експериментальних системах типу ADAS та має собівартість порядку 10^4 дол. США. Не викликає сумніву, що збільшення кількості транзисторів удвічі не збільшить удвічі рівень інтелекту такого мозку, а лише на десяток відсотків. При цьому вартість та енергоспоживання збільшаться удвічі. Отже, суттєво покращити інтелект такої системи можна лише створивши архітектуру, яка є спеціалізованою до конкретного виду штучного інтелекту. Звідси випливає також таке:
3. Через гальмування закону Мура апаратний «штучний мозок» не буде з часом зменшувати свою вартість при тій самій або трохи зростаючій продуктивності. Тобто його буде не вигідно замінювати на новіший через 3-5 років, як це трапляється досі з побутовими та серверними процесорами. Цей фактор, а також використання «мозку» в транспортних та інших роботизованих засобах з підвищеною небезпекою потребують довготривалого терміну служби такого пристрою. Щобільше, такий вартісний «мозок» будуть вилучати зі старих та пошкоджених моделей для повторного використання (зелена планета!). При цьому виникає вимога кардинального збільшення надійності апаратного «штучного мозку». Але ця вимога не співпадає з тенденцією зменшення надійності інтегральних схем

при зменшенні їхніх проектних норм у новітній технології ІС. Єдиним виходом стає спеціалізація архітектури для такого штучного інтелекту.



Рис. 2. Матеріали з лекції “A New Golden Age for Computer Architecture”

Отже, загальні висновки такі: розробка універсальної архітектури штучного інтелекту та елементної бази для неї є марнотратством і не є доцільною.

Комп’ютерна інженерія штучного інтелекту буде розвиватись у напрямі пошуку нових ефективних алгоритмів та спеціалізованих структур для їх реалізації. Також багато уваги приділятимуть підвищенню ефективності програмування поширених архітектур, адаптованих до завдань штучного інтелекту, як, наприклад, *TensorFlow*.

Serghiienko A.

To Subsection 2.2 Main Directions of AI Research

Development of AI architectures

Three years ago, the computer architecture luminaries, John L. Hennessy and David A. Patterson [2019] declared the beginning of a new golden era for computer architecture (fig. 2). A new golden era marks the end of the forty years of rapid development in software with minor advances in hardware. The inevitable period of new architectures advancement has begun.

This change is driven by the slowing of Moore’s law and the impossibility to increase the energy consumption of computer chips. Consequentially, future advancements in IT may only be achieved through the transition to specialized architectures, in particular RISC architectures, and with more thorough programming and elaboration of algorithms.

It will have an impact on the development of AI.

1. In the future, the use of high-performance universal architectures, including universal architecture for artificial intelligence, will be ineffective.

2. Scientists began to discuss the artificial brain after experimental samples of the artificial brain reached 1011 transistors in them. Currently, the artificial brain is based on the universal architecture of the graphic accelerator and is used in systems such as ADAS. That technology costs about \$104. There is no doubt that the increase in the number of transistors will not double the level of intelligence of the artificial brain, it will be increased only by a few percent. Nevertheless, the cost and energy consumption will double. Consequently, it is possible to significantly improve the intelligence of such a system only by creating an architecture that is designed for a specific type of artificial intelligence.
3. Since Moore's Law is slowing down, the artificial brain hardware cost won't be reduced over time with the same or slightly increasing productivity. Therefore, it will become unprofitable to replace it with a newer one in a couple of years, as it still happens with home and server processors. This factor, as well as the use of the artificial brain in high-risk autonomous vehicles and other robotic devices, requires the long service life of such a device. Moreover, such a high-priced technology will be removed from old and damaged models for reuse (green planet!). Furthermore, there is a need to radically increase hardware reliability. However, this need contradicts the tendency to reduce the reliability of integrated circuits while reducing their design norms in the latest information system technology. The only way out is the specialization of architecture for such artificial intelligence.



Fig. 2. Materials of the lecture “A New Golden Age for Computer Architecture”

Summary

The development of the universal Artificial Intelligence architecture and hardware components for it is futile.

Computer engineering of Artificial Intelligence will advance in the direction of finding new effective algorithms and specialized structures for their implementation. Moreover, more attention will be paid to the improvement of efficiency of common architectures programming adapted to the tasks of artificial intelligence, such as *TensorFlow*.

До підрозділу 7.1 розділу 7 «Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України»

Тенденція до роботизації, що охопила різні аспекти діяльності людства, особливо помітна у військовій сфері. Провідні країни світу докладають значних зусиль щодо оснащення військових підрозділів роботизованими системами різного призначення та підвищення ефективності їх бойового застосування. Досвід військово-технічного співробітництва з державами-членами НАТО та відповідними країнами-партнерами свідчить, що військові аналітики розглядають штучний інтелект як проривну технологію для розвитку спроможностей військ. Впровадження штучного інтелекту (ШІ) є важливим трендом у розвитку систем управління полем бою та озброєнням, у тому числі роботизованими платформами [Stanley-Lockman and Hunter 2021].

У сфері військового управління технології штучного інтелекту розглядають як важливе доповнення до людських ресурсів за цілим спектром напрямів, зокрема: розширення ситуаційної обізнаності та обмін даними; координація командування підрозділами; розподіл цілей; координація функціонування сенсорів і засобів ураження; виявлення та ідентифікація загроз, скорочення часу реакції на них; оцінка намірів; напівавтономний вибір зброї; робота з меншими ресурсами, з частковим вилученням людини з процесу прийняття рішень тощо. У перспективі оптимальний вибір комбінації сенсорів і засобів ураження, залежно від загроз, має здійснюватися за допомогою штучного інтелекту, роль якого буде постійно зростати як при вирішенні завдань формування ситуаційного уявлення, так і підтримки прийняття рішень.

У 2017–2018 роках у НАТО розпочато процес стандартизації різних аспектів застосування ШІ. Наразі на цьому шляху вже пройдено кілька етапів. Перший з них стосувався термінологічних аспектів. На початковому етапі фахівці НАТО використовували кілька неофіційних означень штучного інтелекту. Зокрема, учасники досліджень NIAG SG-238 запропонували два альтернативні тлумачення терміна «штучний інтелект» [11], згідно з якими це:

- спроможність, яку надають алгоритми оптимального або неоптимального вибору з широкого простору можливостей для досягнення цілей шляхом застосування стратегій, які можуть включати навчання або адаптацію до навколишнього середовища;
- системи, які діють у фізичному або цифровому світі, враховуючи складну мету, сприймаючи своє середовище, інтерпретуючи зібрані структуровані або неструктуровані дані, обґрунтовуючи отримані з цих даних знання і обираючи найкращі дії (відповідно до заздалегідь визначених параметрів), які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

У заключному звіті з дослідження взаємосумісності спільної стратегії повітряних сил *BI-SC Final Report on the Joint Air Power Strategy Interoperability Study (JAPS-IS)* від 15 січня 2020 року використано означення, запропоноване NIAG SG-231: «Штучний інтелект (ШІ) – здатність небіологічної системи

досягти будь-якої складної мети за допомогою процесів, порівняних із когнітивними процесами людини, таких як сприйняття, дедукція, розпізнавання, запам'ятовування та навчання».

Перше з офіційних означень НАТО (*NATO adopted*) було включене в настанову *AJP-3.10 Ed. B, Ver. 1. Allied Joint Doctrine for Information Operations*. У її проєкті, датованому травнем 2021 року, в переліку термінів зазначено, що *штучний інтелект* – це «розділ інформатики, присвячений розробці систем аналізу даних, які виконують функції, зазвичай пов'язані з людським інтелектом, такі як міркування, навчання та самовдосконалення».

Паралельно з унормуванням означень III експерти НАТО розпочали процес узгодження відповідних акронімів. Наприклад, при розробці настанови *AJP-3.3.2 (B) «Allied Joint Doctrine for Close Air Support and Air Interdiction, Study Draft 1»* було прийнято рішення вилучити скорочення *AI* для терміна *Air Interdiction*, залишивши його стосовно штучного інтелекту (*Artificial Intelligence*). Разом з тим, гармонізація акронімів ще не досягла остаточного вирішення.

Віддзеркаленням поглядів аналітиків на можливі сфери військового застосування III є поступово зростаючий за кількістю документів кластер стандартів, у яких відображені окремі аспекти ролі та місця засобів штучного інтелекту у тих чи інших місіях. Суттєво, що ці документи зі стандартизації вже охоплюють усі середовища ведення мультидоменних операцій – суходіл, повітря, морський та кібернетичний простори. Крім того, інтеграція відповідних нормативних положень щодо III поступово поширюється на всі складові оборонних потенціалів *DOTMLPFI (Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability)*, а саме: доктрини, організацію, тренування, матеріальне забезпечення, лідерство, персонал, засоби, взаємосумісність. Наприклад, у настанові *ATP-49(G) «Use of Helicopters in Land Operations» Ed. G Ver. 1* передбачено використання III в наземній операції для управління підрозділом безпілотних літальних апаратів (*UAV*) (рис. 3), у тому числі в складі інтегрованого з вертолітною групою комбінованого пілотажно-безпілотного підрозділу (*MUM-T*).

У настанові *ASCP-01 Ed. A Ver. 1* (квітень 2020 року) «*NATO Stratcom Training Standards*» (*Annex F, page F-5*) стандартизовано вимоги до загальних компетенцій спеціалістів з оцінки інформаційного середовища (*Information Environment Assessment Specialists*), які повинні мати здатність розуміти і застосовувати штучний інтелект і машинне навчання для оцінки інформаційного середовища (*IEA*): «*Understand and apply Artificial Intelligence/Machine Learning in IEA. (PL 200)*».

Дорожня карта реалізації спіралей Федеративної мережі місій (*FMN*) у редакції 2019 року визначила метою 6-ї спіралі *FMN* покращити процеси аналізу та прийняття рішень шляхом включення до них III. Відповідний графік реалізації 6-ї спіралі передбачає, що розпочатий в листопаді 2022 року процес формування вимог до експлуатації та безпеки буде завершений у 2024 році розробки фінальних специфікацій, у тому числі технічних. При цьому початок експлуатації відповідних технологій штучного інтелекту в рамках *FMN*

запланований на 2027 рік з їх масовим оперативним використанням у 2028–2029 роках.

Значні сподівання щодо використання ШІ в медичній сфері відображені в настанові *AJMedP-5 Ed. B, Ver. 1 «Allied Joint Doctrine for Medical Communications and Information Systems»*. Зокрема, в ній міститься окремий параграф «Automation and Artificial Intelligence», в якому вказано, що автоматизація процедур і використання нинішнього та майбутнього штучного інтелекту дозволять поліпшити командування і управління медичними підрозділами, особливо в ситуації з масовими жертвами, будь то в бойовій чи в гуманітарній місіїх (*The automation of procedures and the use of current and future Artificial Intelligence will enable better command and control particularly in Mass Casualty situation whether in combat or on humanitarian missions*).

Той факт, що штучний інтелект вже може суттєво впливати на ведення наземних операцій, констатовано в настанові АТР-3.2.1.1 «*Conduct of Land Tactical Activities*» (Ведення наземних тактичних дій), додаток D «*Considerations on countering UAS threat*».

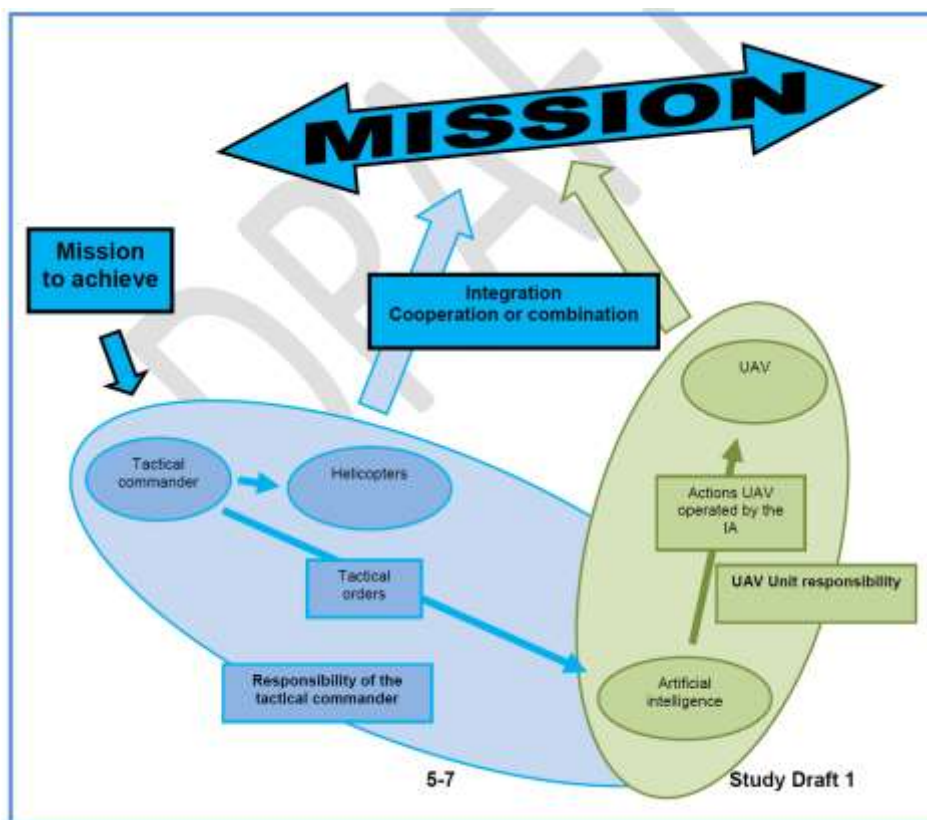


Рис. 3. Використання штучного інтелекту в складі MUM-T (АТР-49(Г)).

Проте, найрадикальнішим є підхід, запроваджений у доктрині *AJP-3.10.2 Ed. A Ver. 1 «Allied Joint Doctrine for Operations Security and Deception», Ed. A Ver. 1*, яка стосується операційної безпеки і фальсифікацій. В ній вперше ШІ фігурує нарівні з людиною як суб'єктом, що приймає рішення: «*For the purposes of AJP-3.10.2, a decision-maker is understood to be a person or artificial intelligence responsible for decision making within an adversary or population's hierarchy*». При

цьому ШІ як особа, що приймає рішення, може перебувати на будь-якому рівні ієрархії та в будь-якому середовищі і має бути в змозі впливати на посилення поведінки або креативно змінювати її.

На черзі – початок технічної стандартизації засобів штучного інтелекту, зокрема вимог з безпеки застосування ШІ в системах озброєння тощо. Першим технічним стандартом НАТО, який враховує застосування ШІ, може стати настанова *AOP 4452*. Згідно з презентацією голови підгрупи з безпеки дизайну боєприпасних систем (*SG/B*) на засіданні Групи НАТО з питань безпеки боєприпасів (*AC/326, CASG*) у червні 2021 року, до проєкту оновленої версії цієї настанови планується включити розгляд вимог з безпеки використання ШІ в боєприпасних системах. Річ у тім, що інтеграція модулів ШІ до розумних (*smart*) боєприпасів розглядають як важливий тренд у розвитку засобів ураження. Такі модулі будуть здатні аналізувати поле бою, забезпечувати виявлення та ідентифікацію цілі в попередньо визначеному районі й обирати відповідний ефект, специфічний для ідентифікованої цілі. Зокрема, боєприпас зі штучним інтелектом повинен відрізнити важку броньовану ворожу машину від піхотного загону в пішому порядку і надати в першому випадку кумулятивний ефект (*HEAT, High Explosive Anti Tank*), а в другому – ефект осколкової або несмертельної дії (наприклад, потужний електромагнітний імпульс). Баражуючий боєприпас або ударний безпілотний літальний апарат (БПЛА), оснащений зазначеним модулем ШІ, збільшить здатність пригнічувати або нейтралізувати дії супротивника, щоб зменшити кількість нанесених залпів, мінімізувати час уразливості від контрбатарейного вогню противника, максимізувати ефективність боєприпасів із мінімальними супутніми збитками.

Разом з тим, аналіз поточного механізму стандартизації в НАТО дає змогу зробити висновок, що стандартизація технологій штучного інтелекту у військовій сфері має здійснюватися як складова процесу формування системи систем стандартів (*System of Systems of Standards, S3*) [Слюсар 2017]. Ця *S3* повинна являти собою ієрархічну, багатовимірну та багатофункціональну, взаємоузгоджену інтеграцію системоутворюючих кластерів нормативних документів. Потреба саме в такій структурі системи стандартів зумовлена тим, що вона повинна забезпечувати розробку, випробування та обслуговування всього життєвого циклу системи систем озброєння та військової техніки з застосуванням ШІ і бути її віддзеркаленням. У цьому контексті заслуговує на увагу концепція міжвидових (*cross-domain*) стандартів НАТО [Слюсар 2018], яка передбачає, що такі стандарти могли б поєднувати в одному документі опис специфіки використання ШІ в інтересах сухопутних військ, військово-повітряних та військово-морських сил, наприклад у вигляді окремих розділів або додатків. Як варіант, частину стандартів можна застосовувати без змін в усіх перелічених видах військ, що також має бути спеціально зазначено та схвалено основними групами Конференції національних директорів озброєнь, КНДО (*CNAD*). Такий підхід дозволить уникнути дублювання в стандартизації, гармонізує використання стандартів стосовно ШІ у різних видах збройних сил, надасть можливість скоординувати роботу експертних спільнот основних груп КНДО НАТО за спорідненими напрямками стандартизації технологій ШІ.

До ключових напрямів стандартизації ШІ у сфері безпеки і оборони належать:

- операційні сценарії та типові приклади використання (*use cases*) ШІ;
- мінімальні військові вимоги до систем зі штучним інтелектом;
- режими роботи систем зі штучним інтелектом;
- загальна архітектура, основні технічні характеристики систем зі штучним інтелектом та протоколи обміну великими даними;
- інтерфейс взаємодії користувача зі штучним інтелектом.

Якщо розглядати типові сценарії використання ШІ, то як прилад можна вказати, що на допомогу водію-механіку бронетехніки ШІ може виконувати низку типових функцій:

- попередження про можливість перекидання та визначення безпечного шляху;
- виявлення раптових загроз, які перешкоджають руху;
- візуальне оповіщення для маркування зон, які потребують особливої уваги;
- аналіз гіперспектральних зображень ґрунту для ідентифікації змін на його поверхні, що є ознакою штучного маскування саморобних вибухових пристроїв чи мін;
- ідентифікація камуфляжу на тлі природного ландшафту тощо.

Подібні переліки мають бути створені для усіх можливих сфер військового використання ШІ.

Стосовно інтерфейсу важливо зауважити, що як засіб комунікації між штучним інтелектом та людиною доцільно розглядати технологію доповненої реальності (ДР), оскільки результати опрацювання інформації штучним інтелектом найзручніше донести оператору за допомогою візуальних, акустичних і тактильних символів ДР. У такий же спосіб доречно також ставити завдання системі ШІ, тим більше, що стандартизувати символи ДР значно легше, ніж досягти повної технічної сумісності систем різних виробників. Зокрема, зворотню взаємодію людини зі штучним інтелектом на основі доповненої реальності можна здійснювати шляхом призначення для ШІ зон, які підлягають аналізу, використання різних варіантів графічного інтерфейсу для введення вихідних даних, перетворення голосових повідомлень на команди переміщення тривимірних об'єктів ДР, їхньої орієнтації тощо.

Через ДР, зокрема через хмарний сервіс, можна організувати взаємодію кількох систем ШІ між собою. Наприклад, спеціально призначена система ШІ може синтезувати тривимірну картину місцевості за контурними двовимірними зображеннями, отриманими з багаторакурсних знімків, зроблених рознесеними у просторі платформами ШІ. З метою максимальної реалізації потенціалу ДР як інтерфейсу систем ШІ важливо визначити вимоги до відповідної функціональності. Крім того, необхідна стандартизація дизайну символів ДР з метою взаємосумісності результатів роботи ШІ з операторами та іншими системами ШІ.

Слід підкреслити, що ШІ слід залучити до генерації контурних символів цілей у процесах цілевказування шляхом передачі лише оболонок цілей як символів ДР, які далі накладатимуться на реальні зображення навколишнього середовища. Все це потребує розгортання масштабних робіт щодо формування

відповідних наборів даних. У такий же спосіб за допомогою ШІ слід формувати тривимірні символи доповненої реальності, здійснювати їх анімацію, забезпечувати мінімізацію ефектів оклюзії при візуалізації кольорових символів ДР на дисплеї. Важливо, що вибір оптимальної світимості символів ДР для різних фонових об'єктів є доволі актуальним завданням. Залежно від позиції та просторової орієнтації поєднаних у мережу бойових платформ, навколишній фон може бути різним і досить часто збігається за яскравістю та кольором із символами ДР. Це призводить до часткової або повної втрати функціональності систем ДР. За допомогою ШІ цю проблему можна подолати шляхом адаптивного вибору кольору та яскравості символу ДР при накладанні його на фонову картину. Засоби ШІ повинні оцінювати фонову ситуацію і призначати оптимальний колір для символів ДР, вмикати динамічну зміну їхньої яскравості та кольору при візуалізації, або ж активувати їхню пульсацію (мерехтіння), обертання та інші ефекти анімації. У такий же спосіб використання ШІ дозволить запровадити допоміжну, напівпрозору кольорову підкладку, яка була б перехідним буфером між кольоровою палітрою фону та символом візуалізації даних. У цьому випадку адаптивний вибір сполучення кольорів допоміжної підкладки, фону та символів ДР слід також покласти на ШІ.

Алгоритми ШІ можуть створювати не лише контурні символи цілей, але й візуалізувати моделі їх вразливостей, які зараз використовуються для моделювання та симуляції. Ці візуалізовані моделі вразливості сегментують ворожі об'єкти на кілька зон для ураження, забезпечуючи більш ефективний їх вибір з метою досягнення максимальної ймовірності нейтралізації або руйнації цілі. Інформацію про такі зони можна розподілити як символи ДР між об'єднаними в мережу бойовими машинами всередині підрозділу для колективного обстрілу складних цілей. Рівень сегментації контурних символів ДР можна змінювати залежно від відстані до цілі, а стан такої декомпозиції слід використовувати як додаткову інформацію про поточну відстань до об'єкта вогневого впливу.

Доступні технології ШІ здатні забезпечити генерацію зображень за їх голосовим або текстовим описом, перетворювати текстові звіти та повідомлення в анотації та символи доповненої реальності або ж, за потреби, озвучувати їх чи трансформувати в аудіосимволи. У цьому контексті актуальним завданням загальнонаціонального рівня є створення мовної моделі української мови, схожої на *GPT-3*, як це зробили російські компанії Сбербанк і Яндекс для російськомовного контенту. Це дозволить створювати інтелектуальних помічників командирів, генерувати сценарії навчань з реалістичним наповненням їх сюжетів і послідовністю дій умовного противника, значно полегшить збір інформації з неструктурованих текстів тощо. Важливим напрямом є синтез ДР та синтетичного віртуального середовища за допомогою ШІ, що дозволить суттєво поліпшити якість тренувань і військових навчань.

Разом з тим, синергія між ШІ та автономією у військовій сфері створює низку проблем з безпеки застосування автономних систем озброєнь, заснованих на ШІ, якими переймаються не тільки експерти НАТО, але й всього світу.

Зокрема, реальні загрози появи летальних автономних систем зі штучним інтелектом на полі бою та можливі внаслідок цього ризики для цивільного населення спонукали до перегляду пріоритетів у діяльності Управління Організації Об'єднаних Націй (ООН) з питань роззброєння (*UNODA*). Відповідно також було скореговано зміст діяльності Інституту ООН з дослідження проблем роззброєння (*UNIDIR*), а у складі *UNODA* було створено спеціальну Групу урядових експертів з питань летальних автономних систем (*GGE LAWS*) [Слюсар 2021].

Під орудою *UNIDIR* було проведено серію командно-штабних навчань у кількох регіонах світу з різними сценаріями можливого застосування автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом. Їх результати є важливими в контексті формування стратегічних підходів і тому заслуговують ретельного розгляду.

До навчань були залучені технічні, військові та юридичні експерти і дипломати. Розроблені сценарії розглядаються як інструмент для формування більш практичного і детального уявлення про відповідний оперативний і тактичний контекст. При цьому було використано два методологічні підходи, що стосувалися:

- процесу цілевказування (*targetting*) з різним рівнем залучення автономних систем озброєння;
- дослідження впливу на процес прийняття рішень різного рівня контролю з боку людини над автономними системами озброєнь залежно від типу цілей, географічних та інших умов, з урахуванням потенційних ризиків для цивільних осіб.

Головну увагу приділяли не повністю автономним системам зі штучним інтелектом, у яких усі етапи націлювання здійснюються без будь-якого контролю з боку людини, а так званій «сірій» зоні, коли автономія застосовується для виконання обмеженої кількості конкретних завдань, що технічно можуть бути здійснені. При цьому було виявлено багато нових відкритих питань, що потребують розгляду та юридичного врегулювання.

Основні припущення, які були покладені в основу навчань, такі:

- технологічні розробки розглядалися в еволюційному розвитку, оскільки існує невизначеність даних стосовно потенційних спроможностей революційних технологій (наприклад, у віддаленій перспективі впровадження квантових обчислень здійснить безпрецедентний вплив на розвиток ШІ), тому важливо було зосередитися на сучасному стані справ та реалістичній оцінці покрокового розвитку технологій у часі;
- експерти обмежилися розглядом виключно автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом, які можуть бути розгорнуті у фізичному середовищі і здатні завдати кінетичного ефекту, тому кібернетична зброя лишилася за рамками досліджень; крім того, експертів не цікавили багатомірні системи, які можна використовувати для розвідки і спостереження у військових і цивільних інтересах;
- з розгляду було вилучено системи підтримки прийняття рішень на основі технології ШІ, які вже можна використовувати з метою планування;

- навчання зосереджували на рішеннях щодо розгортання летальних автономних систем озброєння, при цьому політичні рішення щодо придбання або розробки таких технологій лишилися за рамками досліджень.

Аналітичною основою досліджень слугувала типова схема врахування людського чинника при прийнятті рішень щодо застосування сили, опублікована *UNIDIR* у 2020 році [Human element 2019]. Ця інфографіка є лише верхівкою айсберга, оскільки процес прийняття рішення щодо законного застосування сили є дуже складним і починається набагато раніше фактичного використання сили. Передусім, цей процес бере початок із наведеної внизу схеми політичного рішення щодо необхідності військового втручання, потім проходить кілька рівнів планування та оцінки і фактично доходить до того моменту, коли система озброєння розгортається на полі бою.

Незважаючи на загальне намагання прискорити проведення навчань, у ході них було застосовано саме такий широкий підхід. За рамками видимої частини айсберга лишилися важливі рішення та ключові параметри, які мають визначальний вплив на застосування сили. Наприклад, на стратегічному рівні – це визначення правил ведення бойових дій і загальних цілей для ураження – зокрема, які цілі допустимі для ураження, а які ні. На операційному рівні об'єкти ураження уточнюються, їх перелік стає більш детальним, його ретельно аналізують і затверджують. Особи, які приймають рішення, визначають найкращий тип систем озброєння для досягнення бажаного ефекту. Крім того, оцінюють супутні втрати з урахуванням усіх чинників. Усю цю інформацію передають далі на тактичний рівень, де забезпечується виконання місії з детальним плануванням усіх необхідних заходів. На всіх перелічених етапах першочергове значення має контекст із урахуванням параметрів, обставин і обмежень.

Процес ураження на тактичному рівні поділявся на 5 етапів:

1. Пошук цілей: навігація і маневр на полі бою для виявлення цілей, спираючись на наявну інформацію, розвідку та зібрані у реальному часі дані.
2. Фіксація (виявлення) цілей і взяття на супровід: після виявлення цілей сенсори використовують для визначення координат об'єктів ураження, подальшого моніторингу навколишнього середовища і забезпечення впевненості в тому, що позитивна ідентифікація цілей підтримується у просторі та часі.
3. Цілевказування: остаточна перевірка цілей перед ураженням з урахуванням різних форм оцінки ризиків і відповідності правилам ведення бойових дій, міжнародному гуманітарному праву.
4. Ураження: атаку здійснено із застосуванням зброї або призупинено чи скасовано.
5. Оцінка результатів: оцінювання ефективності атаки та прийняття рішення щодо подальших дій – у тому числі, за необхідності, проведення повторної атаки чи відслідковування або очікування прояву наслідків і перехід до пошуку нових цілей.

Для кожного з цих етапів було розглянуто 4 можливі рівні управління зброєю зі штучним інтелектом:

1. Повний прямиий контроль.
2. Людина в контурі управління: система виконує поставлене завдання автономно, проте необхідне втручання людини для перевірки і виконання специфічних дій.
3. Людина над контуром управління: система виконує поставлене завдання автономно, але під наглядом людини-оператора, який може за потреби втручатися, корегувати або переривати специфічні дії.
4. Людина вилучена з контуру управління: система зі штучним інтелектом виконує поставлене завдання повністю автономно, без нагляду і втручання людини-оператора.

У ході навчань для кожного зі сценаріїв експертів запросили створити ідеальну, на їх погляд, конфігурацію управління, подавши її у вигляді таблиці (табл.1). У наведеній версії табл.1 усі позиції заповнені для прикладу. При цьому одиницею позначено наявність відповідного рівня контролю на тому чи іншому етапі, а його відсутність – нулем.

У ході навчань при заповненні таблиці технічні експерти зробили свій висновок, спираючись на власне розуміння технічної здійсненності застосування можливих рівнів контролю для різних завдань у різних контекстах. Військові експерти підійшли до цього питання більше з позицій військової доцільності або досягнення військової переваги. В той же час з правової точки зору відповідь на питання більше фокусувалася на тому, які юридичні наслідки або юридичні міркування щодо допустимості летальних дій будуть додатково застосовуватися у конкретному випадку.

Таблиця 1

Матриця конфігурації управління III

Етап	Рівень контролю			
	Повний	Людина в контурі	Людина над контуром	Людина поза контуром
Пошук цілей	0	0	1	1
Виявлення і супровід	0	1	1	1
Цілевказування	1	1	1	0
Ураження	1	1	1	0
Оцінка результатів	1	1	1	1

Фахівці *UNIDIR* також запросили експертів визначити, які чинники вплинули на їхню оцінку, і в результаті зафіксували дуже широкий спектр категорій впливу – від типу цілі, середовища, в якому знаходиться ціль, до домену (на суші, на морі, в повітрі), типу місії і її параметрів. Крім того, час атаки, її місце та бажаний ефект впливали на оцінку ризиків для цивільного населення і своїх військ, а також на вибір технічних характеристик систем озброєння.

Під час навчань розглядали 4 типові сценарії бойових дій:

1. Виявлені ворожі безкіпажні ракетні установки без військового або цивільного персоналу, споряджені і готові для стрільби. Бажаний ефект –

руйнація пускових установок.

2. Ворожі БПЛА оснащені зброєю і активні цілодобово протягом тижня, останнє їхнє місцеперебування було відоме за 12 годин до початку навчань. Бажаний ефект – нейтралізація БПЛА.
3. Лінії комунікацій застосовуються ворожими силами для поповнення запасів озброєння і боєприпасів, дороги використовуються цивільними, поряд розташовані житлові будинки. Бажаний ефект – руйнація ліній комунікацій.
4. Ворожий конвой у русі, його позиція на дорозі невідома, дорога також використовується цивільними. Бажаний ефект – знищення конвою до досягнення ним меж міста.

Зазначені сценарії не були призначені для того, щоб охопити всі можливі випадки. Вони були лише інструментом, який мав стимулювати обговорення чогось більш конкретного і вимірюваного. Аналіз сценаріїв свідчить, що в двох із них місцеперебування цілей було відоме (сценарії 1 та 3), а в двох інших – невідоме. Було передбачено різний типаж цілей – фіксовані і мобільні, військові платформи, інфраструктура та конвой. Іншим важливим параметром сценаріїв був клас збитків, ризик супутніх збитків, потенційна участь цивільного населення.

Результати опитування трьох категорій експертів (технічні, військові та юридичні фахівці) для кожного з зазначених сценаріїв дали змогу зробити цікавий висновок, що коли експертам надають широкий спектр можливостей для контролю над автономною зброєю зі штучним інтелектом, більшість із них часто схильється до якогось варіанта, який дозволив би людям зберегти деяку форму контролю або участі. Експерти дуже рідко вибирають крайні випадки повного контролю чи вилучення людини з контуру управління. Звичайно, при цьому було виявлено певні регіональні аспекти та регіональні варіації. Не кожен регіон тим чи іншим чином відреагував так само, як інший, хоча, дивлячись на агреговані дані, слід вказати, що існує багато варіантів і ступенів відмінностей у рамках тих самих експертних спільнот у різних регіонах і між експертними співтовариствами. Тому дуже складно виділити одну конкретну тенденцію, яку можна застосувати виключно до однієї експертної спільноти.

Іншою важливою характеристикою є графічні залежності розподілу думок експертів стосовно допустимого рівня автономності зброї зі штучним інтелектом для кожного з етапів процесу ураження цілей на полі бою. Суттєво, що для кожного з етапів бойових дій чим плоскіший характер має крива залежностей, тим більше варіантів розбіжностей існує у поглядах експертів у рамках однієї групи. Що більше піків видно на кривій, то більше експертів схильються до відповідної спільної позиції. Аналіз свідчить, що насправді результати навчань дали змогу зафіксувати багато відмінностей у підходах між технічними та військовими експертами і правниками. Проте для сценарію нейтралізації БПЛА стосовно етапу пошуку цілей розподіл думок різних категорій експертів є дуже схожим і зводиться переважно до доцільності повної автономності систем пошуку.

Важливо також урахувати, що багато експертів підкреслили можливість компромісних рішень, коли рівень автономності, делегований конкретній

системі зі штучним інтелектом, може змінюватися залежно від того, яка автономність передбачена для подальших етапів або передувала поточній ситуації. Більш детальний аналіз отриманих даних викладено в офіційному звіті *UNIDIR*.

За результатами навчань було сформульовано найважливіші технічні міркування. Зокрема, ознака «автономний» не є синонімом понять «автоматизований (automated)» і «автоматичний (automatic)». Різницю між цими трьома концепціями можна проілюструвати на прикладі втрати зв'язку між наземною станцією управління і дроном.

Коли цей зв'язок розривається, для досягнення компромісу спрацьовує запрограмований автоматичний тригер, який спонукає дрон зробити тайм-аут, наприклад на одну хвилину, і затриматися на місці, очікуючи, поки канал зв'язку не буде відновлено. Якщо після закінчення тайм-ауту зв'язок не відновлюється, то автоматично запускається зворотний відлік часу, який ініціює автоматичний процес польоту в інше місце, щоб дочекатися встановлення зв'язку. Якщо навіть цей процес зазнає невдачі, є інший тригер, який автоматично спрацьовує, і дрон летить в означену зону для виконання контрольованої посадки. Це все є прикладами автоматичних тригерів, які використовує система для реалізації автоматизованих процесів, замість того, щоб повідомляти дрону, куди йти, щоб чекати сигналу, або де приземлитися у випадку, якщо сигнал пропадає, скажімо, більш ніж на годину. Якщо всі ці дії сплановано заздалегідь, автоматизована система буде виконувати їх в автоматичному режимі.

Прикладом автономії є ситуація, коли у разі надходження повідомлення про втрату зв'язку дрону визначають лише параметри безпечного місця приземлення. Наприклад, це можуть бути вимоги віддалення такого місця не менше, ніж на 50 км від району операції, щоб поблизу не було житла, і виконувалась низка інших обмежень. При цьому системі дозволено самій визначити краще місце для автономного приземлення. Таким чином, складне завдання, що ставиться машині, запускає більш складний процес прийняття рішень і аналізу даних, який система повинна робити, щоб керувати своєю поведінкою.

Технологія ШІ забезпечує автоматизацію і автономність, але вона не автономна сама по собі. Якщо розглядати автономію як заключну ланку розвитку спроможностей прийняття рішень людиною, то технологія ШІ найбільш придатна для автономії, але не обов'язково єдина. Знову ж таки, слід визнати, що спроможність ШІ перевершувати людей сьогодні обмежується конкретними завданнями з розпізнавання об'єктів. Відповідні технології ШІ більш просунуті, ніж розуміння поведінки. Тим не менше, все ще існують значні обмеження, коли справа доходить до реального використання ШІ, який добре працює в контрольованих середовищах або лабораторіях. Відповідна проблема має назву «моделювання реального розриву». Значний акцент роблять також на нездатності ШІ до узагальнень і перерозподілу продуктивності між різними завданнями залежно від їх контексту, оскільки ШІ здатен добре виконувати конкретне завдання в дуже специфічному контексті.

Це означає, що той же самий алгоритм не буде однаково ефективно працювати для інших завдань.

Багато експертів висловили думку, що впровадження автономії буде поступовим і обмежиться тими завданнями й функціями, які продемонструють, що ШІ зможе задовольнити вимоги передбачуваності та надійності. Остаточне рішення лишається за кінцевим користувачем. Це не виключає, що деякі нерозсудливі актори вирішать інтегрувати ШІ у критичні ролі, як тільки вони це зможуть. Але якщо виключити такі випадки, експерти погоджуються, що це буде, швидше за все, поступове введення.

Слід підкреслити важливість даних, які вважають ключовими для навчання, тестування і розгортання ШІ. Тестування та оцінка точності є фундаментальною частиною процесу встановлення або калібрування довіри між людьми-операторами та різними системами ШІ. Але зараз не вистачає ресурсів, через що велику частину талантів і значну частину коштів задіяно на розробку нових типів, нових моделей і нових засобів ШІ, а не для вивчення, тестування та перевірки наявних рішень на основі ШІ.

Звичайно, є деякі очевидні переваги введення ШІ і при виконанні конкретних завдань. На думку військових експертів, передбачуваними перевагами застосування ШІ під час місій є швидкість, точність, ефективність ресурсного менеджменту, здатність діяти в умовах відсутності зв'язку. Проте навіть за таких переваг доцільність застосування систем ШІ буде залежати від контексту й параметрів місій. У будь-якому випадку для військових експертів не було ніякого стимулу припустити, що збройні сили будуть зацікавлені в розгортанні автономних систем озброєння, які вони не можуть контролювати за допомогою більш цілісного контролю, особливо при розгляді критичних функцій. Наявність технологічних рішень не означає, що вони будуть відразу інтегровані у війська. Існує ціла структура, яка повинна бути розроблена, щоб пов'язати технологію з військовим потенціалом, і вона включає в себе доктрини, організаційні структури, навчання тощо (*DOTMLPFI*). Немає причин вважати, що можливості технологій ШІ повинні скоротити будь-який з цих важливих кроків. У всякому разі, вони зроблять їх ще більш актуальними і важливими.

Крім того, використання автономних систем зброї ніяк не знижує юридичну відповідальність за наслідки для тих осіб, які приймають рішення. Проте деякі експерти вказали на те, що можуть виникнути нові проблеми, пов'язані з неправильним призначенням відповідальності людини або кримінальної відповідальності за використання зброї, що виникла в результаті помилок безекіпажних систем зі штучним інтелектом.

Варто зауважити, що організатори навчань спростили опис сценаріїв заради економії часу. Для відповідності цілям досліджень сценарій більш високого рівня був достатнім з точки зору того, які елементи принципів міжнародного гуманітарного права виконуються. У будь-якому випадку сценарії не були занадто складними, проте вони дозволили зберегти необхідний рівень достовірності. Разом з тим, це тільки початок, і в майбутньому можливо буде запускати набагато складніші і більш реальні сценарії.

Усі задіяні експертні групи були з різних причин стурбовані якістю даних,

якими оперує автономна система зі штучним інтелектом, проте найбільше цим переймалося технічне співтовариство, яке вважає дані ключовим фактором для тестування та розгортання автономних систем озброєння. Військове співтовариство теж було стурбоване проблемою даних, оскільки воно знає, що від їхньої якості може явно залежати продуктивність системи ШІ. Військовим експертам відома важливість тестування і перевірки машини тими ж оперативними даними, які потім будуть використовуватися, коли система розгортається на полі бою.

І, звичайно, юридична спільнота, залежно від регіонів, більш-менш усвідомлювала юридичну важливість даних. Проте серед неї не було розуміння того, що зрештою автономна система зброї зі штучним інтелектом взаємодіятиме з даними, і якщо ці дані будуть неоптимальними або відрізнятимуться від тих, для яких система була підготовлена, то можуть виникати додаткові питання, що стосуються передбачуваності та надійності системи.

В той же час військові експерти висловлювали побоювання з приводу надійності систем ШІ. Вони підкреслюють першочергову важливість міжнародного гуманітарного права і, зокрема, відносну важливість принципів, які необхідно буде прив'язати до конкретного сценарію і конкретного виду зброї.

Відповідні дослідження щодо застосування автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом будуть продовжені і в подальші роки з урахуванням впровадження нових технологій. З огляду на це, важливо забезпечити участь представників України у роботі КНДО НАТО та Групи урядових експертів з питань летальних автономних систем (ГУЕ ЛАСО) Управління ООН з питань роззброєння. Ефективним методом співробітництва слід вважати активну участь у дискусіях та виступи з коментарями щодо порушених питань з урахуванням творчого використання досвіду національних експертів для впровадження новітніх ідей у відповідні нормативні документи.

Slyusar V.

To Subsection 7.1, Section 7 Artificial Intelligence in National Security and Military-Industrial Complex of Ukraine

The tendency of shifting to robotics, which covers a wide range of areas, is especially discernible in the military sphere. The world's leading countries are making significant efforts to equip military units with robotic systems for various purposes and increase the effectiveness of their military use. The experience of military cooperation with the NATO member countries demonstrates that military analysts consider Artificial Intelligence (AI) to be a breakthrough technology for improving military readiness. The introduction of artificial intelligence is an important trend in the development of battlefield management systems and fire-control systems, including robotic platforms. [Stanley-Lockman and Hunter 2021].

As for controlling military affairs, artificial intelligence technologies are considered an important addition to the workforce in a range of directions, including expanding situational awareness and data exchange; coordination of divisions; distribution of goals; control of sensors and weapons; detection and identification of threats, reduction of reaction time; assessment of intentions; semi-autonomous weapons system; resource management, partial replacement of human decision-making, etc. In the long run, the optimal choice of a combination of sensors and weapons, depending on the threats, should be made with artificial intelligence, which is becoming more important both in solving problems of situational awareness and decision-making support.

In 2017-2018, NATO started the process of AI standardization. For now, several stages have been passed through. The first stage concerned terminology. At the initial stage, NATO experts used two alternative definitions of Artificial Intelligence (NIAG StudyGroup SG-238 GBAD Operations against the 21st Century Peer Nation Cruise Missile and Unmanned Aerial Systems (UAS)):

“AI is the capability provided by algorithms of selecting optimal or suboptimal choices from a wide possibility space, to achieve goals by applying strategies which can include learning or adapting to the environment”;

“Artificial Intelligence (AI) refers to systems designed by humans that, given a complex goal, act in the physical or digital world by perceiving their environment, interpreting the collected structured or unstructured data, reasoning on the knowledge derived from this data, and deciding the best action(s) to take (according to pre-defined parameters) to achieve the given goal. AI systems can also be designed to learn to adapt their behavior by analyzing how the environment is affected by their previous actions”.

The Bilateral Strategic Command (BI-SC) final report on Joint Air Power Capabilities (JAPC) turned to the definition of the NIAG SG-231: “Artificial intelligence (AI) is an ability of a non-biological system to achieve any complex goal through processes comparable to human cognitive processes such as perception, deduction, recognition, memorization, and learning”.

The first of NATO’s official definitions (NATO adopted) was included in the AJP-3.10 Ed. B, Ver. 1. Allied Joint Doctrine for Information Operations. In the project proposal dated May 2021 artificial intelligence is defined as a branch of computer science dedicated to the development of data analysis systems that perform functions commonly associated with human intelligence, such as reasoning, learning, and self-improvement.

Simultaneously with the approval of AI definitions, NATO experts have begun the process of agreeing on relevant acronyms. For instance, in the *Allied Joint Doctrine for Close Air Support and Air Interdiction, Study Draft 1*, it was decided to stop using AI for *Air Interdiction*, so that it remains an abbreviation for *Artificial Intelligence*. Nevertheless, the harmonization of acronyms is not completed yet.

Experts’ views on possible military application of AI is a gradually expanding cluster of standards, which reflects certain aspects of the role and function of artificial intelligence in specific missions. It is noteworthy that these standardization

documents already cover all domains of multi-domain operations – land, air, maritime, and cyberspace.

Moreover, the integration of relevant AI regulations gradually extends to all components of DOTMLPFI (Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability). For instance, in the ATP-49. Use of Helicopters in Land Operations Doctrine Ed. G, Ver. 1 it is suggested to integrate AI technology in ground control stations for controlling unmanned vehicles (UAV) (fig. 3), as well as a part of MUM-T, integrated with the helicopter team.

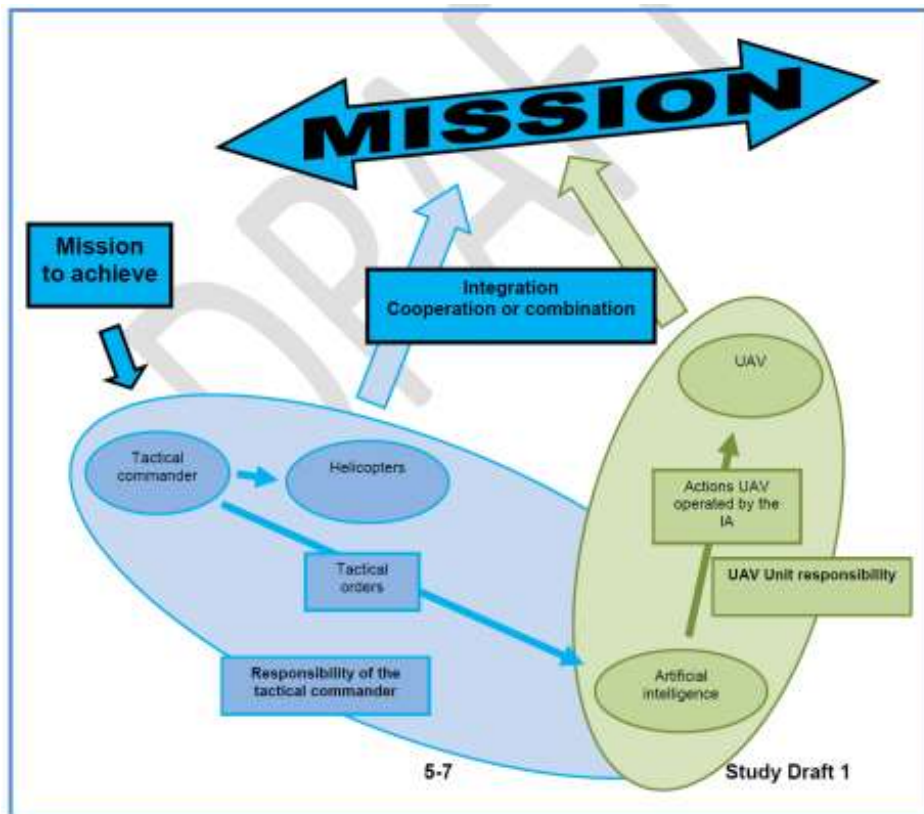


Fig. 3. AI in MUM-T (ATP-49(G))

The ASCP-01 Ed. A Ver. 1 NATO Stratcom Training Standards (Annex F, page F 5) standardized requirements for the general competencies of information environment assessment specialists who have to be capable of understanding and applying artificial intelligence and machine learning technologies to assess the information environment: *Understand and apply Artificial Intelligence/Machine Learning in IEA.*

The roadmap for the implementation of the Federated Mission Networking spirals in the 2019 edition determined the goal of the 6th FMN spiral to improve the processes of analysis and decision-making by integrating AI. The 6th spiral implementation schedule envisages the formation of utilization and safety requirements that will begin in November 2022 and come to an end in 2024 with final specifications, including technical ones. The beginning of relevant artificial intelligence technologies utilization within the framework of FMN is planned for 2027 with their mass operational use in 2028-2029.

Expectations for AI in medicine are reflected in *the AJMedP-5 Ed. B, Ver. 1 Allied Joint Doctrine for Medical Communications and Information Systems*. In particular, the paragraph “Automation and Artificial Intelligence” states that the automation of procedures and the use of current and future Artificial Intelligence will better enable command and control, particularly in Mass Casualty situations whether in combat or on humanitarian missions.

The fact that Artificial Intelligence can already significantly influence land activities is stated in *the ATP-3.2.1.1 Conduct of Land Tactical Activities, Annex D Considerations on countering UAS threat*.

However, the most radical approach is introduced in the AJP-3.10.2 Allied Joint Doctrine for Operations Security and Deception, Ed. A Ver. 1, which provides direction and guidance for the planning, execution, and assessment of operations security (OPSEC) and deception. For the first time, AI is on a par with human experts when it comes to decision-making. For the purposes of AJP-3.10.2, a decision-maker is understood to be a person or artificial intelligence responsible for decision-making within an adversary or population’s hierarchy. Moreover, AI as a decision-maker may be at any level in any environment and may be capable of creating the required behavioral response.

The next step is the beginning of technical standardization of artificial intelligence tools, in particular, safety requirements for the use of AI in weapon systems, etc. NATO’s first technical standard, which considers the use of AI, maybe the AOP 4452.

According to the presentation of the head of *the NATO AC326 SG/B: Ammunition. Systems Design and Assessment* at the meeting of *the CNAD Ammunition Safety Group (AC/326)* in June 2021, in the updated version of these guidelines it is planned to consider AI safety requirements in ammunition systems. The fact of the matter is, that the integration of AI modules into smart ammunition is considered an important trend in the development of arms. Such modules will be able to analyze combat areas, detect and identify the target in a specific area and opt for the effect specific to the identified target. In particular, AI-powered ammunition should distinguish an armored fighting vehicle from infantry, and create a cumulative effect in the first instance (HEAT, High-Explosive Anti-Tank), and shrapnel or nonlethal effect in the second instance (powerful electromagnetic pulse). A loitering munition or unmanned combat aerial vehicle (UCAV) equipped with the specified AI module will increase the ability to suppress or neutralize the enemy to reduce the number of volleys, and minimize vulnerability to enemy counter-battery fire, maximize the effectiveness of ammunition with minimal collateral damage.

Nevertheless, the analysis of the current NATO standardization mechanism reveals that the standardization of the military applications of AI should be carried out as part of the formation process of the System of Systems of Standards, S3 [Slyusar 2017]. S3 should be a hierarchical, multidimensional and multifunctional, consensual integration of the system-forming clusters of regulatory documents. The necessity for such a structure of the system of standards stems from the need to ensure the development, testing, and maintenance of the entire life cycle of the system of systems of weapons and military equipment through the use of AI, and to be a

reflection of it. In this instance, the concept of NATO cross-domain standards [Slyusar 2018], which implies these standards to combine the descriptions of AI applications specificity for the benefit of the ground force, the air force, and the navy, for instance, in the form of separate sections or annexes, in a single document merits consideration.

Alternatively, some of the standards may be applied without changes in the armed forces, which must also be safeguarded and approved by the main groups of the Conference of National Armaments Directors (CNAD). This approach aims to avoid duplication in standardization, harmonize the AI standards in the armed forces, and provide an opportunity to coordinate the work of expert communities of the NATO's Conference of National Armaments Directors in related areas of the AI technologies standardization.

Key areas of the AI standardization in the security and defense:

- operational scenarios and common AI use cases;
- minimum requirements for AI-enabled systems;
- AI-enabled systems modes;
- a software architecture, main technical characteristics of AI-based systems, and big data transfer protocols;
- human-AI interfaces.

Considering common AI application scenarios, AI can perform several typical functions to aid an armored vehicle driver:

- improving stability and finding a safe path;
- detecting threats that impede movement;
- providing visual notifications for marking areas that call for closer observation;
- analyzing hyperspectral images of the territory to detect changes on its surface, which is a sign of concealed improvised explosive devices or landmines;
- detecting camouflaged targets in natural scenes, etc.

A comprehensive list should be created for all possible military applications of AI.

A comprehensive list should be created for all possible military applications of AI.

In terms of interface, it is important to note that as a means of interactions between humans and Artificial Intelligence, it is reasonable to consider AR technology, since the results of the information processing performed by the Artificial Intelligence are the most convenient to transfer to the operator through the use of visual, auditory and tactile symbols of the Augmented Reality. Correspondingly, it is also reasonable to set tasks for the AI system, especially since it is much easier to standardize AR symbols than to achieve full technical compatibility of systems developed by different manufacturers. In particular, the reverse interaction between a human and AI-based on augmented reality may be carried out by assigning zones to AI that are subject to analysis, using various variants of the graphical interface to input the source data, converting voice messages into commands for moving three-dimensional AR objects, their orientation, etc.

It is possible to establish interactions between several AI systems through the use of AR, in particular cloud services. For instance, a specially designed AI system can synthesize a three-dimensional terrain model based on contour two-dimensional images obtained from multisopic images taken by scattered AI platforms. To

maximize the potential of AR as an AI system interface, it is important to determine the requirements for appropriate functionality. In addition to that, it is necessary to standardize the design of AR symbols for the interoperability of the results of interactions between AI, operators, and other AI systems.

It is important to note that AI should be integrated into the generation of contour symbols of targets in targeting processes by transferring only the shells of targets as AR symbols, which will be superimposed on the real-world environment. It requires the deployment of large-scale work on the formation of appropriate datasets. Correspondingly, three-dimensional AR symbols should be formed, animated, and the effects of occlusion in the process of visualizing the color AR symbols on the display should be reduced through the use of AI. It is important that the optimal luminosity of AR symbols for different background objects is a rather urgent task. Depending on the position and spatial orientation combined into a network of combat platforms, the background may be different and quite often coincides with AR symbols in brightness and color. It leads to a partial or complete loss of AR systems' functionality.

With the aid of AI, this issue can be resolved by adaptively selecting the color and brightness of the AR symbol when applying it to the background image. AI tools should evaluate the background and assign the optimal color to the AR symbol, enable a dynamic change in brightness and color during visualization, or activate pulsation, rotation, and other animation effects. Correspondingly, the use of AI prompts the introduction of an auxiliary, translucent color layer, which would serve as a transitional buffer between the color palette of the background and the data visualization symbol. In this case, the adaptive choice of combining the colors of the auxiliary layer, background, and symbols of the AR should also be powered by AI.

AI algorithms can not only build the contour symbols of targets but also visualize models of their vulnerabilities, which are currently used for modeling and simulation. These visualized vulnerability models segment enemy objects into multiple hitting areas, providing a more efficient choice to maximize the likelihood of neutralization or destruction of the target. The information about such hitting areas can be distributed as AR symbols between networked combat vehicles within the unit for the collective bombardment of the complex target. The level of segmentation of AR contour symbols varies according to the distance to the target. The state of such segmentation should be used as additional information about the current distance to the object of fire impact.

Available AI technologies are capable of generating images from the audio or text description, converting text reports and messages into annotations and AR symbols, or, if necessary, synthesizing audio or transforming them into audio symbols. In this instance, a top national priority is to develop.

The Ukrainian language model will enable to develop intelligent assistants, generate realistic military exercise scenarios with enemy consistency, greatly facilitate data collection from unstructured texts, etc. In the future, on this basis, it will be possible to synthesize AR and the synthetic virtual environment through the use of AI, which will significantly improve the quality of training and military exercise.

Moreover, the synergy between AI and autonomy in the military creates several security challenges for the use of AI-based autonomous weapons systems, which is a major concern for NATO experts and all countries around the world. In particular, the real threats to the emergence of AI-enabled lethal autonomous systems on the battlefield and possible risks to the civilian population prompted a comprehensive review of the United Nations Office for Disarmament Affairs (UNODA) policy. Consequently, the activities of the United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR) were also modified, and a The Group of Governmental Experts (GGE) on Lethal Autonomous Weapons Systems (LAWS) was established as a part of the United Nations Office for Disarmament Affairs [Slyusar 2021].

UNIDIR's series of regional table-top exercises were conducted to discuss different scenarios for the possible use of AI-enabled autonomous weapons systems. The main findings of this series of exercises are important for the formation of strategic approaches and therefore merit careful consideration.

The project brought together experts and diplomats to discuss the technical, military, and legal implications of introducing autonomy. The created scenarios serve as a tool to develop a more comprehensive understanding of the relevant operational and tactical context. Moreover, two methodological approaches were applied regarding the following:

- targeting process, including the different layers of autonomous weapons systems involved;
- studying the impact on the decision-making process of different levels of human control over autonomous weapons systems depending on the type of targets, geographical and other conditions, taking into account potential threats to civilians.

Special attention was paid not to AI-enabled fully autonomous systems, which feature all steps of the targeting process without any human intervention, but to the grey zone when autonomy is used to perform a limited number of specific tasks that can be carried out technically. Furthermore, a number of issues that require consideration and regulation have been revealed.

A number of assumptions applied:

- technological developments were considered to be evolutionarily based on the uncertainty about the potential capabilities of revolutionary technologies (for example, in the long run, the introduction of quantum computing will drastically affect the development of AI), so it was important to focus on the current state of technology and realistic assessment of the gradual development of technologies;
- experts focused exclusively on AI-enabled physical autonomous weapons systems (AWS) capable of being deployed that achieve the kinetic effect, so the cyberweapons were out of scope; moreover, multidimensional systems used for intelligence, surveillance, and reconnaissance tasks were out of scope;
- AI-enabled decision-support systems that may be used for planning purposes were out of scope;
- the exercise focused on decisions to deploy LAWS, while political decisions to acquire or develop such technology were out of scope.

The analytical basis of the research is the infographic which illustrates the human element in decisions about the use of force published by UNIDIR in 2020 [Human

element 2019]. This infographic is only the visible part of the iceberg since the decision-making process that leads to the use of force is complex and starts well before the actual use of force. First of all, this process starts with the political leadership that makes the decision that military intervention is required, then it goes through several phases of planning and evaluation, and results in the deployment of the weapons system.

Despite the attempt to speed up the exercises, a broad approach has been applied throughout the exercise. Beyond the visible part of the iceberg remained important decisions and key parameters that have a critical impact on the use of force. For instance, at the strategic level, the establishment of rules of engagement and the selection of targets, permissible or non-permissible use cases. At the operational level, the use cases are detailed, carefully analyzed, and approved. Decision-makers determine the best type of weapons systems to achieve the desired effect. Moreover, they assess the collateral damage by considering other critical factors. This data is further transmitted to the tactical level, where the mission is executed with the detailed planning of all necessary steps. Throughout all phases, the context is of paramount importance, taking into account parameters, circumstances, and constraints.

The tactical mission execution phase consists of the following steps:

- Find – navigate and maneuver on the battlefield to find the target based on available information, intelligence, and data collected in real-time.
- Fix and Track – once the target is detected, sensors will be used to determine and maintain positive identification of the target and to monitor the environment.
- Target – final checks before the engagement takes place include risk assessment, compliance check for rules of engagement and international law, and international humanitarian law.
- Engage – the attack is executed, and weapons are released. (An attack can also be suspended or cancelled).
- Assess – the effectiveness of the attack is evaluated and decisions on future action are taken (including re-attack if necessary).

In addition, the exercise presented four different options for human control or involvement in a weapon's execution of each of the above steps:

- Full direct control – the system has no autonomy and remains under the full and direct control of the operator for the execution of the given task.
- Human in-the-loop – the system implements the given task with autonomy but requires human intervention to validate and implement specific actions.
- Human on-the-loop – the system implements the given task in autonomy under the supervision of human operator(s) who can intervene if necessary to correct or abort a specific behavior or action.
- Human off-the-loop – the system implements the given task with full autonomy, without supervision or intervention by a human operator(s).

In the course of the exercises, experts were asked to create an ideal control configuration in the form of a table for each of the scenarios (table 1). The given version of Table 1 serves as an example. Moreover, 1 indicates the suitable level of control for each of the steps, and the lack of control is 0.

In the course of the exercises, while filling out the table, technical experts draw a conclusion, based on their understanding of the technical feasibility of applying possible levels of control for various tasks in different contexts. Military experts stressed a point of military expediency or achieving military superiority. However, legal experts focused on legal implications or legal considerations of the permissibility of lethal actions in each particular case.

Table 1

Control configuration

Step	Options for human control			
	Full direct control	Human in-the-loop	Human on-the-loop	Human off-the-loop
Find	0	0	1	1
Fix and Track	0	1	1	1
Target	1	1	1	0
Engage	1	1	1	0
Assess	1	1	1	1

Finally, experts were asked to reflect on and assess the relative relevance and influence of a range of factors in their decisions for each scenario:

- type of target (fixed or mobile, manned or unmanned, pre-planned/on-call/not planned, etc.);
- environment (e.g., urban or open, mountain, desert or forest, etc.);
- domain (e.g., air, land, maritime);
- type of mission and mission parameters (e.g., time of the attack, desired effect);
- assessment of risks to civilians or own forces;
- technical characteristics of the system (e.g., understandability, predictability, reliability); and
- other factors (which experts were asked to specify in their inputs).

Four scenarios were used in the exercise:

Scenario 1

- Unmanned missile launcher.
- No military or civilian personnel.
- Launcher armed and ready to fire.
- Effect: destroy launcher.

Scenario 2

- Armed UAVs.
- Active 24/7.
- Last known position from 12h before the mission is launched.
- Effect: neutralize UAVs.

Scenario 3

- Line of Communication (Road) used by enemy forces for re-supply of weapons and ammunition.
- Road also used by civilians and civilian houses in proximity.
- Effect: destroy LOC.

Scenario 4

- Enemy convoy in transit.
- Position unknown.
- Road also used by civilians.
- Effect: destroy convoy before it reaches city boundaries.

These scenarios were not intended to be representative of all the possible operational and tactical contexts. They were just a tool that was supposed to trigger discussion on something more specific and measurable. Analysis of scenarios shows that in two of them the position of the targets was known (Scenario 1 and Scenario 3), and in the other two, the position was unknown.

In addition, the scenarios proposed different combinations of other critical factors such as:

Target

- Fixed or mobile.
- Inhabited or uninhabited.
- Location known or unknown.

Collateral damage and risk to civilians.

- Low risk or high risk of civilian casualties.
- Low risk or high risk of damage to civilian or dual-use infrastructure, some of which were included in no-strike lists (e.g., civilian housing).

The views of three categories of experts (technical, military, and legal experts) on the different scenarios provide enough evidence to conclude that when provided with a range of options for control, most experts converged towards options that would allow humans to retain a form of involvement. Experts rarely opt for full direct control or human off-the-loop configuration. Nevertheless, certain regional aspects and regional variations were identified. Experts from different countries had diverse views. Although, according to the aggregated data, it should be highlighted that there are many options and variations within and among expert communities. Therefore, it is very difficult to distinguish one specific trend that can be applied exclusively to one expert community.

Another important characteristic is the distribution of expert opinions on the permissible level of autonomy of AI-enabled weapons across the steps of the targeting cycle displayed as a dependency graph. Notably, for each of the steps, if the curve is plane, more variants of disagreements appear within the same group of experts. If there are peaks, more experts converge toward shared options. The analysis shows that in fact, the results of the exercises allow specifying multiple differences between the approaches of technical, military, and legal experts. However, for Scenario 2 in connection with the steps of Find, the distribution of opinions of different types of experts is very similar and is mainly reduced to the expediency of full autonomy of search systems.

До вступу

Економічний розвиток будь-якої країни у ХХІ столітті повністю залежить від рівня представлення на світовому ринку систем знань, які певним чином циркулюють в усіх ланках соціально-економічних відношень у суспільстві. Ключовим проявом цього явища є становлення *економіки знань* (англ. *knowledge economy*), яка формується на основі міждисциплінарно пов'язаних між собою процесів створення, опрацювання, зберігання, поширення та використання знань. Це зумовлює те, що когнітивно-комунікативні сценарії взаємодії в усіх сферах соціально-економічної діяльності держави також цілком залежать від її спроможності ефективно опрацьовувати наявні знання та комплексно використовувати вже накопичені інформаційні ресурси. Але інформаційні ресурси, які репрезентують системи знань за сукупністю та характером викладу, належать до класу великих даних (англ. *big data*). Усі вони також характеризуються багатоаспектністю, множинними латентними зв'язками тощо.

Вирішення проблем розвитку та ефективного використання систем знань у різних галузях людської діяльності, як свідчить світовий досвід, лежить у площині застосування сучасних інформаційних технологій, що реалізуються на засадах штучного інтелекту як однієї з ключових технологій сучасності.

Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів США (DARPA) визначило ХХІ століття початком ери трансдисциплінарних досліджень. Цілком забезпечити реалізацію цього меганапряму наукового й науково-технічного розвитку як складової економіки знань можливо на засадах використання усіх засобів штучного інтелекту. При цьому забезпечується формування логічних метарамок, за допомогою яких знання, що відображають результати трансдисциплінарних досліджень, можуть бути консолідовано інтегровані у різні галузеві напрямки розвитку інформаційного суспільства й, як наслідок, сприятимуть розбудові економіки знань.

Такі особливості сучасного етапу становлення суспільства знань зумовлюють актуальність проблеми створення інтелектуальних інструментів і засобів, спроможних узяти на себе принаймні частину основних когнітивних функцій людини. Тому подальший розвиток економіки знань, особливо в нашій країні, практично цілком залежить від того, наскільки ефективно буде реалізовано й використано досягнення в сфері інформаційних технологій і штучного інтелекту.

The economic development of any country in the 21st century largely depends on the degree of representation of knowledge systems in the global market, which spread across socio-economic relations. This phenomenon manifests itself in the form of the

knowledge economy, which is based on interdisciplinary processes of creation, processing, storage, distribution and use of knowledge. Consequently, the cognitive and communicative scenarios of interaction in all spheres of socio-economic activity of the country also depend on its ability to effectively process existing knowledge and comprehensively use already accumulated information resources. However, information resources that represent knowledge systems by the totality and nature of presentation belong to the big data. All of them are also characterized by multidimensionality, multiple latent connections, etc.

As evidenced by the global experience, tackling the issue of development and effective use of knowledge systems in various fields lies in the application of modern information technology implemented on the basis of AI as one of the key technologies of our time.

The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) has stated that the 21st century marks the beginning of the transdisciplinary research age. It is possible to ensure the full implementation of this mega direction of scientific and technical development as a component of the knowledge economy on the basis of the use of all AI means. Thus, the formation of logical meta-frames is ensured, through which knowledge reflecting the results of transdisciplinary research may be integrated into various sectoral directions of the information society development and, as a result, will contribute to the development of the knowledge economy.

Such features of the modern stage of the knowledge society formation determine the relevance of the problem of creating intellectual tools and means capable of taking on at least part of the basic cognitive functions of a human. Therefore, the further development of the knowledge economy, especially in our country, largely depends on how effectively the achievements in the field of Information Technology and Artificial Intelligence will be implemented and used.

Ташієв Р. К.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

У світовій медицині невирішеними залишаються три проблеми: серцево-судинні захворювання, онкологія і травматизм. Я зупинюся на онкології. Основними завданнями в онкології є рання (своєчасна) діагностика з урахуванням групи ризику, збільшення кількості радикальних операцій, підвищення виживаності після комбінованого і комплексного лікування.

1. За допомогою штучного інтелекту (ШІ) в онкології можна ефективно вирішувати питання диспансерного спостереження як здорових людей, так і пролікованих хворих, питання діагностики, планування методів лікування, що застосовуються, а також прогнозування.

Перспективним є створення інформаційної програми за допомогою ШІ щодо проінформувати населення про наступне:

- рак виліковний;
- у світі рак легень займає перше місце серед злоякісних новоутворень серед чоловічого населення за смертністю, а рак молочної залози - серед жіночого

населення. Первинний рак печінки займає четверте місце в світі за смертністю, а метастатичний рак печінки становить 33-36%, незалежно від локалізації первинної пухлини;

- для отримання хороших результатів лікування необхідна рання діагностика;
- існують групи підвищеного ризику злякисних новоутворень для різних локалізацій раку з урахуванням генетичних даних, перенесених захворювань, способу життя, умов праці, психологічного ставлення пацієнта, регіону проживання та ін.

Слід зазначити, що ми працювали над створенням груп підвищеного ризику раку молочної залози на основі використання технології нейронних мереж. Через відсутність фінансування роботи не були продовжені.

2. Особливе значення має використання технологій ШІ і робототехніки для своєчасної (ранньої) діагностики та лікування різних локалізацій злякисних новоутворень.

Для планування комплексу діагностичних, лікувальних заходів і прогнозування результатів лікування злякисних новоутворень особливе значення має ступінь поширення пухлинного процесу. Слід зазначити, що за допомогою спеціальних методів дослідження (КТ, МРТ, мамографія, УЗД та інші) встановити діагноз пухлинного утворення можна в межах 1 сантиметру, хоча пухлинні клітини можуть зростати та навіть утворювати метастази, починаючи з 1 міліметра.

Незважаючи на впровадження в практику охорони здоров'я сучасних діагностичних методів, таких як УЗД, мамографія, КТ, сцинтиграфія, МРТ, лапароскопія, колоноскопія, бронхоскопія, визначення онкомаркерів, патоморфологічна верифікація діагнозу, а також результати імуногістохімічних і молекулярно-генетичних досліджень, пацієнти зі злякисними новоутвореннями продовжують надходити в спеціалізовані клініки на пізній стадії захворювання.

Слід зазначити, що хоча рак молочної залози є візуальною локалізацією, більше 50% пацієнток продовжують надходити в лікарні з поширеним пухлинним процесом, що різко знижує можливість радикального лікування. Середня виживаність при метастатичному раку молочної залози становить приблизно 24 місяці, тобто в більшості випадків метастатичний рак залишається практично невиліковним.

Основним показником, що відображає своєчасність встановлення діагнозу, є резектабельність злякисних пухлин. На жаль, резектабельність при первинному раку печінки становить всього близько 10%, а при її метастатичному ураженні - не перевищує 15-20% в кращих спеціалізованих клініках. Зазначимо, що в Україні (2019 рік) з раком печінки не прожили жодного року з числа первинно виявлених: серед чоловічого та жіночого населення – 72%, серед чоловічого – 73,8%.

Основними причинами занедбаності пухлинного процесу є недостатня онкологічна настороженість лікарів загальної лікувальної мережі, недотримання нормативів діагностики хворих (діагноз з патоморфологічною верифікацією повинен бути встановлений незалежно від локалізації пухлини і

рівня медичного закладу або відхиленій протягом 3-10 днів). Надалі визначається тактика спеціальних методів обстеження і лікування хворих.

Створення програм обстеження онкохворих і навчання населення методам самообстеження за допомогою ІІІ, а також використання діалогу робот-пацієнт дозволять значно поліпшити ситуацію з ранньою діагностикою.

Зараз в лікуванні онкологічних захворювань використовуються чотири методи: хірургічний, променева терапія, хіміотерапія та імунотерапія. Зазвичай ці методи використовуються при комбінованому і комплексному лікуванні злоякісних пухлин. Слід враховувати, що як сама пухлина, так і хірургічне втручання, променева і хіміотерапія різко знижують захисні сили організму. Тому, щоб підвищити імунореактивність організму в цілому, імунотерапію включають в комбіноване і комплексне лікування. Такий мультидисциплінарний підхід дозволяє розширити обсяги оперативних втручань і збільшити кількість резектабельних пацієнтів із загальним пухлинним процесом. Немає сумніву, що використання ІІІ при визначенні тактики лікування кожного конкретного пацієнта є перспективним. Також представляє інтерес розробити за допомогою ІІІ і впровадити в клінічну практику програму резекції з дотриманням принципів радикалізму органів грудної, черевної порожнини і малого тазу для роботів.

Прогноз методів лікування, що застосовуються, залежить від багатьох факторів: своєчасної діагностики, стадії захворювання, ступеня диференціації пухлинних клітин, локалізації пухлинного процесу, віку, наявності супутніх захворювань у пацієнта і т. ін. Використання ІІІ дасть можливість зробити більш точний прогноз на основі врахування численних факторів, що впливають на нього.

3. Створення інформаційної програми для медичних закладів (науково-дослідних інститутів, навчальних закладів, клінік) з метою обговорення ефективних методів лікування та впровадження найбільш перспективних з них у клінічну практику.

У останні роки хіміотерапевтичні препарати знайшли широке застосування в багатьох областях медицини, в тому числі і в онкології. Зараз паліативним методом залишається системна хіміотерапія (ефективність при загальній онкології до 2 років). Наявність нових схем хіміотерапії, а також препаратів таргетної хіміотерапії дещо поліпшила результати комплексного лікування. Однак, як ми вже відзначали, хіміопрепарати різко пригнічують імунну систему організму.

Раніше ми показали, при раку печінки, що кріодеструкція (кріоагент рідкий азот -196°C) з видаленням пухлинної тканини або без нього сприяє виробленню протипухлинних антитіл саме у цього пацієнта і створює специфічний імуностимулюючий ефект, дозволяє запобігти рецидивам і виникненню метастазів.

Спільно зі співробітниками Інституту експериментальної патології, онкології та радіобіології імені Р.Є. Кавецького НАН України ми створили кріоаутовакцину на основі низькомолекулярних поліпептидів, що утворилися в результаті кріодеструкції пухлинної тканини конкретного пацієнта.

Клінічно також було показано, що після кріодеструкції великого метастатичного вузла (приблизно 3 сантиметри) розсмоктуються дрібні множинні метастатичні вузли, які не піддавалися кріовпливу і розташовувалися в іншій частині печінки.

Методика кріохірургії з кріоаутовакцинацією була вперше розроблена нами і впроваджена в комплексне лікування раку печінки і молочної залози на базі кафедри онкології Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупіка, в клініці Інституту рентгено-радіології та онкології (нині Інститут раку МОЗ України), а також в Київському міському клінічному онкологічному центрі МОЗ України.

Показано, що після трьох років у рандомізованих групах хворих на рак молочної залози, з включенням кріотерапії з подальшою кріоаутовакцинацією, рецидивів і метастазів через три роки не спостерігається ($P < 0,05$) і навіть через 5 років $P < 0,02$. Тоді, як, згідно з літературними даними, після традиційного комплексного лікування рецидиви і метастази виникають протягом трьох років у 76-77 % хворих.

Згідно з нашим клінічним матеріалом, середня тривалість життя після кріохірургічних операцій при множинних метастазах в печінці склала 1,5 року, а після кріоаутовакцинації - 2,5 року. На загальному тлі відзначалася стійка ремісія. При цьому первинний осередок раку слід видалити. За даними літератури, тривалість життя пацієнтів з раком печінки становить від 6 місяців до 1 року.

Tashchiiev R.

To Subsection 7.3, Section 7 Artificial Intelligence in Medicine

There are three health issues in global medicine which remain unresolved: cardiovascular diseases, oncology, and traumatism. Oncology will be my main focus. Increasing the frequency of radical surgical treatments, improving survival rates of patients after combined and complex therapy, and making early (timely) diagnosis considering a risk group are the key goals of oncology.

1. Oncology issues concerning diagnosis, treatment planning, forecasting, and clinical observation of both healthy individuals and patients going through treatment can all be addressed with the aid of artificial intelligence (AI).

It seems quite promising to create an AI-powered application to educate the general public about the following:

- cancer can be cured;
- lung cancer is ranked first among malignant neoplasms in men in terms of mortality, while breast cancer is the most common cancer in women. Primary liver cancer remains the fourth-leading cause of cancer-related death worldwide, and metastatic liver cancer mortality rate is in the range of 33% to 36%, regardless of site of the primary tumor;

- early diagnosis is essential for successful treatment;
- certain groups of people are at higher risk of malignant neoplasms for various sites of cancer, taking into account genetic data, previous diseases, lifestyle, working conditions, psychological attitude of a patient, region of residence, etc.

It should be mentioned that we were studying high-risk groups for developing breast cancer using neural networks technology. The work was abandoned because of a financing shortage.

The utilization of robotics and AI technology for early diagnosis and treatment of different sites of malignant neoplasms is crucial.

The extent to which cancer has spread is particularly important for planning a complex of diagnostic, therapeutic measures, and forecasting the outcomes of treatment. It should be noted that despite the fact that a 1 mm tumor might grow or even metastasize, diagnosis can be made when the tumor is 1 cm in size using specialized diagnostic tools (CT, MRI, mammography, ultrasound, etc.).

Despite the introduction of modern diagnostic methods such as ultrasound, mammography, CT, scintigraphy, MRI, laparoscopy, colonoscopy, and bronchoscopy, tumor markers test, pathomorphological verification of the diagnosis, and the results of immunohistochemical and molecular genetic studies, patients keep getting admitted to specialized clinics with advanced-stage cancer.

It should be noted that although breast cancer can be detected visually, more than 50% of patients are still admitted to hospitals with a common tumor process, which dramatically reduces the chances of undergoing radical treatment. With a 24-month median survival time of metastatic breast cancer patients, the disease is essentially incurable in the majority of patients.

Tumor resectability rate is the principal measure of promptness of cancer diagnosis. Unfortunately, in the most specialized clinics, the resectability rate of primary liver cancer is just about 10%, and if it is a metastatic cancer, it does not reach 15-20%. It must be noted that in Ukraine (2019) those 72% of men and women, and 73.8% of men diagnosed with liver cancer died within one year.

The main reasons for neglecting tumors are lack of cancer awareness among general practitioners, non-compliance with guidelines for the diagnosis (a diagnosis with pathomorphological verification should be made regardless of the location of the tumor and level of the health facility or rejected within 3-10 days). Subsequently, the tactic of special methods of examination and treatment is determined.

Early diagnosis will be greatly aided by the development of AI-powered software for the examination of cancer patients, self-examination techniques training, and the utilization of robot-patient dialogues.

Currently, cancer treatment options include surgery, radiation therapy, chemotherapy, and immunotherapy. These common methods are widely used for the comprehensive treatment of malignant tumors. It is important to keep in mind that

the immune system is drastically damaged by the tumor itself, surgery, radiation, and chemotherapy. Therefore, in order to increase the immunoreactivity of the organism, immunotherapy is included in combination and complex therapies. Such a multidisciplinary approach enables expanding the volume of surgical treatment and increasing the number of patients with resectable tumors. There is little doubt that using AI to determine treatment strategies for each unique patient is promising. Development and adoption of an AI-powered program for resection of pelvis, abdominal cavity, and chest organs for robots in accordance with the principles of radicalism is also interesting.

Prognosis of the chosen therapy depends on a number of factors, including timely diagnosis, stage of the disease, degree of cancer cell differentiation, localization of the tumor process, age, concomitant diseases, etc. The application of AI will enable more precise forecasting by considering a range of elements that could affect the forecast.

3. Creation of an information program for health facilities (research institutes, educational institutions, clinics) in order to discuss effective treatment methods and introduce the most promising of them into clinical practice.

Chemotherapy drugs have become widely used in various fields of medicine recently, including oncology. Systemic chemotherapy remains a palliative therapy (effective in general oncology up to 2 years). New chemotherapy regimens, as well as targeted chemotherapy drugs, has somewhat improved the results of complex treatment. However, as we have already noted, chemotherapy drugs sharply suppress the immune system.

Previously, we have demonstrated that cryodestruction (liquid nitrogen cryoagent at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), whether or not tumor tissue is removed, contributes to the production of antitumor antibodies in patients with liver cancer, has a specific immunostimulating effect, and helps to prevent recurrence and metastases.

Together with the academic staff of R.E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, we created a cryoautovaccine based on low molecular mass polypeptides formed as a result of cryodestruction of the tumor tissue of a patient.

It has also been proven clinically that upon the cryodestruction of a large metastatic node (approximately 3 centimeters) multiple small metastatic nodes located in another part of the liver which have not been treated by means of cryotherapy get eventually absorbed.

The first-ever method of cryosurgery with cryoautovaccination was developed by us and introduced into the complex treatment of liver and breast cancer on the basis of the Department of Oncology of P. L. Shupyk National Healthcare University of Ukraine, in the clinic of National Cancer Institute of the Ministry of Health of Ukraine, as well as in Kyiv City Clinical Oncology Center of the Ministry of Health of Ukraine.

Recurrences and metastases have not been observed in randomized groups of breast cancer patients within three ($P<0.05$) and even five years ($P<0.02$) after receiving cryotherapy followed by cryoautovaccination. Comparatively, according to records, recurrences and metastases occur in 76-77% of patients within three years after traditional complex treatment.

According to our clinical records, the average life expectancy of patients with multiple liver metastases who undergone cryosurgery was 1.5 years, and after getting cryoautovaccination it increased up to 2.5 years. Overall, there was a stable remission. In this case, the primary cancer should be removed. According to the literature, the life expectancy of patients with liver cancer ranges from 6 months to 1 year.

Терещенко В. М.

До розділу 1 «Парадигма»

Місце України в світовій екосистемі штучного інтелекту. Проблематика

Незважаючи на те, що Україна була багато років активним гравцем у галузі фундаментальних досліджень у ряді сучасних наукоємних напрямів, на сьогодні ці позиції дещо втрачаються. Зокрема, багато наших випускників провідних вузів, які спеціалізуються у галузі інформаційних та комп'ютерних технологій, погоджуються на запрошення провідних закордонних ІТ-компаній. Промисловість України стикається з жорсткою глобальною конкуренцією, що поєднується з труднощами у фінансуванні інвестицій з високим ризиком у складних технологічних сферах, включаючи інформаційні та комп'ютерні технології. Їм також заважає старіння інфраструктури, включаючи техніку, яка не готова до оцифрування, та існуючі виробничі потужності країни, а також через відсутність можливостей масштабування та дифузії технологій. Потрібні тривалі інвестиційні цикли у ключових галузях України, зокрема енергоємних галузях.

Дослідження та інновації визнані важливим джерелом економічного росту та конкурентоспроможності, але існує нагальна потреба у більшій кількості інвестицій в Україну, зокрема в промисловість. Існує потреба інтегрувати горизонтальну промислову та інноваційну політику з галузевою та технологічною, щоб сприяти промисловій трансформації до економіки знань шляхом посилення присутності високотехнологічних секторів, одночасно сприяючи модернізації низько- та середньотехнологічних секторів та їх здатність засвоювати нові технології. Державні інвестиції України в НДДКР у цифрових технологіях значно менші, ніж у провідних індустріальних країнах, таких як країни Євросоюзу, США, Канади та Азії (Китай, Японія, Південна Корея), а у таких високотехнологічних сферах як штучний інтелект (ШІ) державні та приватні інвестиції в Україну у десятки разів менші. Китай розробив стратегічний план на підтримку технологій ШІ вартістю 150 млрд

доларів, включаючи розробку чіпів ШІ, який завершується у 2025 році, який забезпечує позиції Китаю як глобальної супердержави у високотехнологічних галузях промисловості, а також значною мірою зосереджений на застосуванні технологій ШІ в десяти стратегічних секторах.

Розвиток промисловості та інформаційних технологій з одного боку посилюють соціальну інтеграцію, а з іншого боку зростає ризик поділу суспільства за ступенем кваліфікації працівників, які мають високий рівень в області інформаційних та цифрових технологій та деяким консерватизмом кваліфікацій в інших сферах. Також існують проблеми впровадження нових технологій, їх впливу на ринок праці та характер праці (невідповідність навичок та збільшення концентрації багатства). В Україні існують суттєві відмінності у рівні економічної діяльності та ефективності ринку праці, включаючи технологічну спеціалізацію та інвестиції в дослідження та інновації. Завдяки впровадженню нових технологій та автоматизації збільшується кількість висококваліфікованих робочих місць. Найвищі розбіжності у кваліфікації є у професіях, пов'язаних з інформаційними комп'ютерними технологіями (ІКТ), виробництвом і будівництвом. Третина робочої сили України має недостатній рівень цифрових навичок. Відсутність кваліфікованих людей та талантів ризикує уповільнити інвестиції. Наприклад, 9 із 10 виробників намагаються знайти кваліфікованих працівників, які їм потрібні. Подібним чином більше половини компаній, які шукають спеціалістів у галузі ІКТ, і зокрема у сфері ШІ, повідомляють про труднощі з їх набором. Отже, існує потреба реформувати нинішню систему освіти, а також краще передбачити та розвинути навички для оснащення робочої сили відповідними наборами навичок.

До підрозділу 2.2 розділу 2 «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

Основні напрями досліджень та інновацій

Основні пріоритети досліджень та інновацій об'єднані у дві загальні категорії: забезпечення технологій, що забезпечують контроль і економічну незалежність (І) та прискорення економічних та соціальних перетворень (ІІ).

Технології штучного інтелекту

Унаслідок збільшення обчислювальних потужностей, наявності великих обсягів даних в нових алгоритмічних концепціях, інтелектуальних пристроїв в розумних роботах, штучний інтелект (ШІ) формується як одна з найбільш стратегічних технологій XXI століття. Те, як ми підходимо до ШІ, визначатиме світ, в якому ми живемо.

В умовах жорсткої глобальної конкуренції порядок денний України щодо досліджень та інновацій для ШІ буде сприяти успішному розвитку всіх наших громадян і бізнесу, забезпечуючи при цьому високі етичні стандарти та

інклюзивний підхід. Україна повинна посісти чинне місце в сфері інформаційних технологій і, зокрема, технологій ШІ.

Мета полягає в тому, щоб усі громадяни відчували переваги ШІ у повсякденному житті – від оптимізації дорожнього руху та автономного водіння, щоб зменшити повсякденний стрес громадян і значно зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, до справді інтуїтивних систем на основі ШІ, які адаптуються до потреб людини, щоб підтримувати їх у вирішенні конкретних завдань, покращуючи умови їхньої роботи та роблячи технологію простою у користуванні для всіх, навіть не експертів у сфері ШІ. Також суспільство в цілому отримає вигоду від рішень на основі ШІ для оптимізації життєвого циклу ресурсів (енергії, продуктів харчування тощо) і зробить їх більш екологічно та економічно стійкими – від виробництва до розподілу та використання. Лікарі зможуть звернутися за підтримкою потужного машинного навчання, що вимагає великих обсягів даних, щоб допомогти їм у прийнятті рішень щодо діагностики та терапії. Пожежники отримають підтримку роботів для наближення до небезпечних зон втручання. Загалом, прогрес у галузі штучного інтелекту та робототехніки слід повністю використати для просування України на ринки інноваційних рішень та технологічних проривів у провідних галузях науки й промисловості та принести всі свої потенційні вигоди іншим галузям – таким, як охорона здоров'я, сільське господарство, виробництво, енергетика, транспорт, екологія.

Упровадження штучного інтелекту та алгоритмів автономної поведінки в складних системах, що мають важливе значення для безпеки та часу, таких як системи, що використовуються у великих транспортних мережах, авіаційній техніці, охороні здоров'я та промислових цілях, є технологічним викликом, але також значною діловою можливістю для України. Необхідно застосувати орієнтований на людину етичний і надійний ШІ, що буде вирішальним для його впровадження, та торговельну марку ШІ, розробленого в Україні.

До підрозділу 7.6 розділу 7 «Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі»

Логістика. Розробка технологій виявлення та локалізація об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів

Розробка технологій виявлення та локалізації об'єктів за допомогою БПЛА є одним із актуальних і перспективних напрямів застосування технологій штучного інтелекту. Це дає змогу розв'язувати ряд державних, господарських та оборонних завдань і, зокрема, створювати тривимірні реконструкції місцевості (будівель, ландшафтів), а також проводити точні вимірювання за допомогою камер LIDAR, RGBD.

Мета: використання БПЛА для визначення перешкод і розпізнавання об'єктів у навколишньому середовищі у реальному часі.

Обґрунтування досліджень та основні завдання

Попит на технології для автономних транспортних засобів збільшився разом із розвитком ІТ і штучного інтелекту. Зросли вимоги до автономного водіння, дослідження щодо виявлення / уникнення перешкод та розпізнавання навколишніх об'єктів – знаків дорожнього руху та пішоходів. Також застосування безпілотних літальних апаратів стало важливим у таких сферах, як моніторинг стихійних лих, виявлення порушень судноплавства та будівництва, інтелектуальний політ і методи розпізнавання об'єктів.

Обмеженість наявних технологій:

- *низька точність сенсорів через обмежені характеристики;*
- *обмеженість технології синтезу гетерогенних сенсорів;*
- *обмеження технології розпізнавання зображень.*

Завдання. Необхідно розробити адаптивні алгоритми оцінки точності гетерогенних сенсорів (ГС), які оцінюють точність кожного сенсора за характеристиками перешкод: яскравістю, глибиною, позицією, динамікою зміни.

Розв'язання. Розробити дворівневі алгоритми розпізнавання об'єктів у режимі реального часу на базі YOLO та даних з ГС, що може прискорити пошук RoI без втрати точності. Щоб позбутись обмеженості наявних технологій, пропонуються алгоритми пошуку перешкод з використанням гетерогенних сенсорів та розпізнаванням об'єктів (РО) для автономного польоту в режимі реального часу з такими двома модулями: модуль розпізнавання перешкод (МРП) з використанням сенсорів 1D-LIDAR і камери, а також дворівневий модуль розпізнавання об'єктів (МРО) в режимі реального часу, використовуючи дані з гетерогенних сенсорів.

Стратегія досліджень і розробки

На основі нижченаведених стратегій розробити нові методи, що забезпечують і універсальність для безпілотних машин, і спеціалізацію на БПЛА.

- Розробка основних технологій для підтримки будь-якої нової технології адаптивного гетерогенного датника залежно від різних характеристик перешкод.
- Розробка стратегії подолання істотних обмежень наявної технології.
- Створення стратегії розвитку технології з відкритим кодом, яка відображає нові технологічні тенденції.
- Використання міжнародної інфраструктури.
- Створення бізнес-стратегії на основі обміну технологіями та бізнес-придатності.
- Створення системи досліджень та проєктування за допомогою аналізу послідовності тестів та обміну даними.

План дослідження

1-й етап: базовий дизайн системи

- Аналіз точності датників, вимірювання ризику зіткнень і проведення експериментів навчання для різних характеристик перешкод.
- Розробка алгоритму виявлення перешкод на базі неоднорідних сенсорів.
- Алгоритм розпізнавання декількох об'єктів на основі даних з адаптивного сенсора.

2-й етап: оптимізація модуля, адаптація та перевірка у різних ситуаціях

- Реалізація та оцінка ефективності БПЛА
- Доповнення технології гетерогенних сенсорів до автономної експлуатації БПЛА.
- Аналіз та оптимізація модулів для вбудованих середовищ.

Очікуване використання результатів технологій виявлення та локалізації об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів

Технологію виявлення перешкод у реальному часі та розпізнавання об'єктів, яка базується на конвергенції даних із неоднорідних сенсорів для безпілотних літальних апаратів, можна використовувати як у безпілотному транспортному засобі, так і безпосередньо в сфері UAV. Цю роботу можна використати в різних ситуаціях, зокрема для запобігання соціальним катастрофам та для доставки товарів приватними компаніями.

PR: прес-реліз, ураховуючи ключові технології даної платформи обслуговування.

Технічна виставка: виставка технічних експонатів для відповіді на різні технічні консультації, пов'язані з технологією визначення завдань.

Демонстрація та попередня комерціалізація: просування за допомогою попередньої комерціалізації на основі цієї технології.

Розробка цілісних, розумних, безпечних, доступних та інклюзивних систем мобільності

Україна повинна підтримувати конкурентоспроможність своєї транспортної галузі та керувати трансформацією транспорту, що базується на пропозиції, до послуг, що керуються попитом, безпечних та стійких служб мобільності. Відповідні дослідницькі та інноваційні ініціативи допоможуть підготувати такі перетворення. Нові цифрові технології, такі як великі дані (Big Data), Інтернет речей (IoT), штучний інтелект та вдосконалені супутникові навігаційні послуги (Galileo/EGNOS), надають великий потенціал для розвитку підключеного та автоматизованого транспорту та управління трафіком по всій транспортній мережі. Це може забезпечити значні переваги в сфері безпеки, екології, економіки та соціальної ситуації завдяки зменшенню аварій, спричинених людськими помилками, зменшенню дорожніх заторів, зменшенню споживання енергії та викидів транспортних засобів, підвищенню ефективності та продуктивності транспортних операцій, покращенню умов праці, створенню нових робочих місць та сприянню соціальній згуртованості. Щоб досягти успіху в цій трансформації, старіючу (і не завжди стійку) транспортну

інфраструктуру України потрібно підготувати для забезпечення більш ефективного та розумного функціонування. Результати досліджень та інновацій створять основу для майбутніх стандартів, створюючи європейські та світові ринки, а також адаптуючи та модернізуючи загальну нормативну базу. Щоб максимізувати соціальні, екологічні та економічні вигоди, на додаток до технологічних рішень важливо розглянути такі людські та соціальні аспекти: аналіз факторів та моделей мобільності, представлення різних соціальних груп і включення нових рішень, зміни в спроможності та прийняття громадськістю.

Безпека та конкурентоспроможність автоматизованої системи автомобільного транспорту

Завдання. Впровадити цілі спільної, пов'язаної та автоматизованої мобільності на дорогах на рівні країни.

Мета: окреслити суспільні вигоди, зміцнити конкурентоспроможність української промисловості та належним чином керувати тривалим етапом переходу до високозв'язаної та автоматизованої транспортної системи безпечним і надійним способом, сприяючи соціальній інтеграції та загальній ефективності, враховуючи особисту мобільність, одночасно зменшуючи загальний вплив на довкілля.

Потенційні завдання та теми дослідження:

- Взаємодія автоматизованих транспортних засобів з навколишнім середовищем, фізичною та цифровою інфраструктурою, інтерфейсами з іншими видами транспорту.
- Технічні та нетехнічні засоби: розумні датчики, 3D-карти HD, передові технології супутникової навігації, аналіз даних, штучний інтелект, етика, конфіденційність, безпека, відповідальність за доступність кібербезпеки, прийняття користувачами та громадськістю, управління та міжнародне співробітництво.
- Вплив автоматизованої системи автомобільного транспорту на суспільство та навколишнє середовище (економічний, екологічний, соціальний, навчальний, кваліфікаційний аспекти, працевлаштування).
- Широкомасштабні транскордонні демонстрації, щоб отримати уявлення про можливості автоматизованих систем водіння та їх обмеження, а також для розгортання.

Розробка ефективної та інноваційної транспортної інфраструктури

Завдання. Інноваційні інфраструктури будуть життєво важливими для впровадження мережі ТЕН-Т та технологічного переходу до ефективного обмеження викидів парникових газів. Таким чином, існує потреба в нових рішеннях, щоб забезпечити, незважаючи на наявні бюджетні обмеження, транспортну інфраструктуру України. Її можна підтримувати, модернізувати та розширювати для забезпечення ефективності. Прогнозування зміни клімату є вирішальним для розробки нових типів інноваційної транспортної інфраструктури на 2050 рік, де зростає проблема стійкості та впливу на

довкілля. Більше того, зосередження уваги на нових видах транспорту та звичаях є ключем до поліпшення взаємозв'язку та, отже, підвищення конкурентоспроможності та якості послуг.

Мета: розробка та затвердження нових рішень для підвищення ефективності, інтермодальності та безпеки транспортної системи для пасажирів і вантажів. Одночасно зменшити викиди парникових газів від транспортних операцій та покращити екологічні показники робіт з технічного обслуговування та модернізації транспорту протягом усього життєвого циклу інфраструктури.

Потенційні завдання та теми дослідження:

- Розробити та випробувати нові методи підтримки та модернізації транспортної інфраструктури з метою підвищення безпеки, стійкості клімату та впливу на навколишнє середовище (включаючи середовище існування та біорізноманіття) та розробити нові рішення для забезпечення мобільності.
- Підтримувати розвиток транспортної інфраструктури, яка забезпечить розміщення нових видів транспорту та покращення інтеграції (національної, регіональної) транспортної інфраструктури та енергетичних систем шляхом розгортання відповідної інфраструктури.
- Інтеграція фізичної та захищеної цифрової інфраструктури, включаючи аспекти кібербезпеки.
- Розробити інструменти для збору інформації та управління даними для моніторингу ефективності роботи інфраструктури (коефіцієнт використання активів) та ефективного управління змішаними автопарками на дорожніх мережах.
- Розробити та перевірити моделі управління, регулювання, державних закупівель, нові контрактні показники ефективності, стимули для підтримки та модернізації інфраструктури.

Упровадження. Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

Розробка майбутньої транспортної мережі та інтегроване управління дорожнім рухом

Завдання. Відсутність своєчасної інформації, надійності, мультимодальної координації, безпеки, комфорту пасажирів та доступності колективної мобільності, що посилюється через неефективний вантажний рух, призводить до збільшення використання індивідуального транспорту. Подолання загальносистемних обмежень пропускної спроможності дозволить поліпшити управління потоками руху пасажирів та вантажів, забезпечивши безперебійну мобільність і транспорт «від дверей до дверей», що призведе до оптимального руху транспорту та обходу тимчасових обмежень пропускної здатності.

Мета: розробити та підготувати до розгортання передової мультимодальної мережі та інтегрованої системи управління дорожнім рухом, щоб забезпечити безперебійну мобільність «від дверей до дверей», підвищити безпеку, зменшити затори та викиди газів, пов'язані з транспортом.

Потенційні завдання та теми дослідження:

- Архітектура та концепція операцій для ефективної, стійкої та адаптованої мультимодальної мережі та системи управління трафіком (NTM), використовуючи передові цифрові технологічні рішення та супутникові навігаційні служби.
- Інтеграція мереж обслуговування з кооперативними та підключеними транспортними засобами для поліпшення управління дорожнім рухом та загального вищого відсотка інформації про мобільних мандрівників.
- Перевірка мультимодальних систем NTM наступного покоління (включаючи внутрішньомодальну оптимізацію та розробку інтерфейсів).
- Проблеми обміну даними: моделі обміну та використання даних різними державними та приватними зацікавленими сторонами, потреба у спільних підходах та правилах.
- Оптимізація руху звичайних, автоматизованих та безпілотних автомобілів у мультимодальній системі NTM.
- Забезпечення співмодальних вантажних транспортних послуг на рівні України, пов'язаних із глобальними ланцюгами поставок у межах добре синхронізованої, розумної та безперебійної мережі.
- Включення положень щодо м'якої / активної рухливості (велосипеди + ходьба).

Упровадження. Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

Мультимодальні вантажні логістичні послуги та послуги з мобільності пасажирів

Завдання. Потрібні нові послуги з мобільності для людей з обмеженими можливостями, щоб забезпечити справедливий доступ до нових технологій. Оператори державного та приватного транспорту розвивають свої моделі послуг – розмиваючи традиційні розмежування між громадським транспортом та приватною мобільністю та між різними видами транспорту.

Мета: забезпечити конкурентоспроможність України у сфері логістики та послуг мобільності, одночасно зменшуючи вплив клімату та навколишнього середовища відповідно до Паризької угоди. Розробити та затвердити нові, низьковуглецеві підходи до системи вантажного транспорту та логістичних операцій протягом усього життєвого циклу. Розробити та затвердити орієнтований на людей розумний громадський транспорт та послуги зі сталої мобільності у всіх видах сільської та міської місцевості.

Потенційні завдання та теми дослідження:

- Нові цифрові інфраструктури, їх взаємозв'язок і взаємодія з супутниковою навігацією України для підвищення ефективності логістичних ланцюгів.
- Оцінити нові ділові та операційні моделі, їх зайнятість та соціальні наслідки (наприклад, необхідність підвищення кваліфікації та перекваліфікації робочої сили), враховуючи нові цифрові та космічні технології, транспортні засоби (наприклад, безпілотні літальні апарати), нові моделі мобільності та нові світові тенденції.

- Оцінити вплив та можливості кооперативної, пов'язаної та автоматизованої мобільності на мультимодальну вантажну логістику на основі цифрових технологій та супутникових навігаційних служб України, відкритих платформ та стандартів / форматів даних.
- Розробка та визначення нових моделей управління доступними, розумними послугами мобільності для всіх.
- Вимоги, що виникають через майбутню взаємодію фізичної, цифрової, технічної, соціальної (охорона здоров'я, освіта тощо) та просторових систем.
- Адаптація екосистеми даних/Інтернету речей для інтеграції нових технологій з різних джерел (включаючи нетранспортні) та інтеграції нових потреб у мобільності (моделі).

Управління. Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

Підвищення безпеки транспорту – за режимом та між режимами

Завдання. Безпека є першочерговим завданням будь-якої транспортної системи країни. Основою безпекових досліджень є технології, нормативні акти та людський фактор (індивідуальні та організаційні аспекти, включаючи взаємодію з автоматизацією). У процесі досліджень необхідно враховувати ризики та системність, включаючи транспортні засоби, інфраструктуру (наприклад, залізничні вокзали, аеропорти та порти), фізичне середовище (наприклад, погода) та різних суб'єктів (наприклад, виробників, регуляторів, операторів, користувачів), а також усі їхні інтерфейси. Будуть розглянуті конкретні питання для кожного виду транспорту та синергія між видами транспорту, зокрема щодо культури безпеки, використання даних та взаємодії з безпекою/кібербезпекою. Особливу увагу буде приділено низькочастотним подіям з високими наслідками (наприклад, аваріям пасажирських суден) та надзвичайним проблемам, що потребують швидкого дослідження для прискорення забезпечення безпеки. Взаємодію буде використано в ході досліджень на національному, європейському та міжнародному рівнях разом із національними органами влади, агентствами та міжнародними організаціями для вдосконалення нормотворчості, сприяння безпеці та контролю.

Мета: сприяти значному зменшенню аварій та інцидентів, летальних випадків, травм та екологічної шкоди.

Потенційні завдання та теми дослідження:

- Побудова, аналіз даних та обмін даними про безпеку та про розвідку щодо безпеки.
- Розуміння та прогнозована оцінка ризиків безпеки для проектування, експлуатації та ефективності системи.
- Людські фактори, включаючи соціальну поведінку, нові моделі мобільності, сприйняття інформації, ситуаційну обізнаність і взаємодія з автоматизацією.
- Плавна взаємодія між усіма користувачами, їх транспортними засобами, інфраструктурою та фізичним середовищем у безпечному системному підході.

- Нові технології та рішення щодо безпеки, враховуючи виникаючі ризики та можливості (наприклад, штучний інтелект).
- Покращена підготовка, перевірка, моніторинг та виконання норм безпеки, правил, стандартів, систем управління безпекою та навчанням, вивчення потенціалу космічних технологій України.
- Управління аваріями та швидке реагування.

Упровадження. Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

До розділу 8 «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Основними напрямками підвищення рівня забезпеченості ринку технологій штучного інтелекту кваліфікованими кадрами та рівня інформованості населення про можливі сфери використання таких технологій є:

- створення відкритої організаційно-технічної екосистеми актуальних фундаментальних і прикладних проблем і завдань, які потребують застосування штучного інтелекту; використання відповідного *реєстру проблем і завдань* як першочергового пріоритету для вибору тем дипломних і дисертаційних робіт відповідних спеціальностей і спеціалізацій;
- пріоритетне впровадження *моделі дуальної магістратури та аспірантури в сфері ШІ* з використанням досвіду наявних пілотних проектів наукомістких дуальних програм і залученням до планування і реалізації зацікавлених провідних міжнародних компаній, які мають дослідницькі філії в Україні;
- створення нормативних і фактичних умов для стимулювання спільної *інноваційно-інкубаційної активності (стартапової інфраструктури)* в сфері ШІ викладачів-дослідників, студентів і представників бізнесу при закладах вищої освіти України;
- створення умов для повернення провідних українських науковців та фахівців в сфері ШІ, які проживають та працюють за кордоном;
- визначення *технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу* – зокрема тих, які потребують *малих інвестицій*, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання ШІ на пристроях (On-Device AI), нові алгоритми машинного навчання для систем з істотними обмеженнями в ресурсах і таке інше;
- визначення *пріоритетних суміжних галузей* у прикладній фізиці, математиці, матеріалознавстві, нейронауці, математичній лінгвістиці тощо – оскільки реальна конкуренція у сфері ШІ відбувається у тому числі на міждисциплінарних напрямках зі створення нових обчислювальних архітектур.

To Section 1 Paradigm

The place of Ukraine in the global AI ecosystem Range of problems

Despite the fact that Ukraine has been an active player in the field of fundamental research in a number of modern high-tech areas for many years, today these positions are somewhat lost. In particular, many of our graduates of leading universities specializing in the field of information and computer technologies accept invitations from leading foreign IT companies. Ukraine's industry faces fierce global competition, combined with difficulties in financing high-risk investments in complex technological areas, including information and computer technologies. They are also hampered by aging infrastructure, including technology that is not ready for digitization, and the country's existing manufacturing capacity; and also due to the lack of opportunities for scaling and diffusion of technologies. Long investment cycles are needed in key sectors of Ukraine, particularly energy-intensive sectors.

Research and innovation are recognized as an important source of economic growth and competitiveness, but there is an urgent need for more investment in Ukraine, particularly in industry. There is a need to integrate horizontal industrial and innovation policies with sectoral and technological ones to promote the industrial transformation towards a knowledge economy by strengthening the presence of high-tech sectors while promoting the modernization of low- and medium-tech sectors and their ability to absorb new technologies. Ukraine's state investments in R&D in digital technologies are much smaller than in leading industrial countries such as the European Union, the USA, Canada and Asia (China, Japan, South Korea); and in such high-tech areas as artificial intelligence (AI), public and private investments in Ukraine are ten times smaller. China has developed a strategic plan to support AI technology worth \$150 billion, including the development of AI chips, which will be completed in 2025, which ensures China's position as a global superpower in high-tech industries, and also focuses heavily on the application of AI technologies in ten strategic sectors.

The development of industry and information technology, on the one hand, strengthens social integration, and on the other hand, the risk of dividing society by the degree of qualification of employees who have a high level in the field of information and digital technologies and some conservatism of qualifications in other areas is increasing. There are also problems with the introduction of new technologies and their impact on the labor market and the nature of work; skills mismatch and increased concentration of wealth. In Ukraine, there are significant differences in the level of economic activity and labor market efficiency, including technological specialization and investment in research and innovation. With the advent of new technology and automation, the number of highly qualified jobs is increasing. The highest skill gaps are in information and computer technology (ICT), manufacturing and construction occupations. The one-third of Ukraine's workforce has an

insufficient level of digital skills. A lack of skilled people and talent risks slowing down investment. For example, 9 out of 10 manufacturers struggle to find the skilled workers they need. Similarly, more than half of the companies looking for specialists in the field of ICT, and in the field of AI in particular, report difficulties in their recruitment. Hence, there is a need to reform the current education system and better anticipate and develop skills to equip the workforce with appropriate skill sets.

To Subsection 2.2, Section 2 Main Directions of AI Research

Main areas of research and innovation

The main research and innovation priorities are grouped into two general categories: (I) Provision of technologies that ensure control and economic independence; and (II) acceleration of economic and social transformations.

Technologies of artificial intelligence

As a result of the increase in computing power, the availability of large volumes of data in new algorithmic concepts, intelligent devices in smart robots, artificial intelligence (AI) is emerging as one of the most strategic technologies of the 21st century. The way we approach Artificial Intelligence will define the world we live in the future.

In the face of fierce global competition, Ukraine's AI research and innovation agenda will contribute to the successful development of all our citizens and businesses, while ensuring high ethical standards and an inclusive approach. Ukraine should occupy a valid place in the field of information technologies and, in particular, AI technologies.

The goal is for all citizens to experience the benefits of AI in their daily lives – from traffic optimization and autonomous driving to reduce citizens' daily stress and significantly reduce traffic accidents, to truly intuitive AI-based systems that adapt to human needs, to support them in solving specific tasks, improving their working conditions and making the technology easy to use for everyone, even non-AI experts. Also, society as a whole will benefit from AI-based solutions to optimize the life cycle of resources (energy, food, etc.) and make them more environmentally and economically sustainable – from production to distribution and use. Doctors will be able to call on the support of powerful machine learning, which requires large amounts of data, to help them make decisions about diagnosis and therapy. Firefighters will be assisted by robots to approach dangerous areas of intervention. In general, progress in the field of artificial intelligence and robotics should be fully used to promote Ukraine to the markets of innovative solutions and technological breakthroughs in the leading fields of science and industry; and bring all its potential benefits to other sectors - such as health care, agriculture, manufacturing, energy, transport, ecology.

Implementing artificial intelligence and autonomous behavior algorithms in safety- and time-critical complex systems, such as those used in large transportation

networks, aeronautics, healthcare, and industrial applications, is a technological challenge, but also a significant business opportunity. an opportunity for Ukraine. It is necessary to apply human-centered, ethical and reliable AI, which will be crucial for its implementation, and the trademark of AI developed in Ukraine.

To Subsection 7.6, Section 7 Artificial intelligence in Transport and Infrastructure

Logistics. Development of technologies for detection and localization of objects using unmanned aerial vehicles

The development of technologies for object detection and localization using UAVs is one of the current and promising areas of application of artificial intelligence technologies. AI technologies make it possible to solve a number of governmental, economic and defense tasks and, in particular, to create three-dimensional reconstructions of the terrain (buildings, landscapes), as well as to carry out accurate measurements using LIDAR, RGBD cameras.

Goal. Using UAVs for real-time obstacle detection and object recognition in the environment.

Research rationale and main tasks

The demand for technologies for autonomous vehicles has increased along with the development of IT and artificial intelligence. The requirements for autonomous driving, research on detection / avoidance of obstacles and recognition of surrounding objects - road signs and pedestrians - have increased. Also, the application of unmanned aerial vehicles has become important in areas such as natural disaster monitoring, detection of shipping and construction violations, intelligent flight and object recognition methods.

Limitation of available technologies:

- low accuracy of sensors due to limited characteristics;
- limitations of heterogeneous sensor synthesis technology;
- limitations of image recognition technology.

Task. It is necessary to develop adaptive algorithms for assessing the accuracy of heterogeneous sensors (HS), which will evaluate the accuracy of each sensor based on the characteristics of obstacles: brightness, depth, position, dynamics of change.

Solution. Develop two-level real-time object recognition algorithms based on YOLO and HS data, which can speed up RoI search without loss of accuracy. To overcome the limitations of existing technologies, algorithms for obstacle detection using heterogeneous sensors and object recognition (RO) are proposed for autonomous flight in real time with the following two modules: an obstacle recognition module (ORM) using 1D-LIDAR sensors and a camera, and as well as a two-level object recognition module (OMR) operating in real time using data from heterogeneous sensors.

Research and development strategy

Based on the strategies below, develop new methods that provide both versatility for unmanned vehicles and specialization for UAVs.

- Development of core technologies to support any new adaptive heterogeneous sensor technology depending on different interference characteristics.
- Development of a strategy to overcome significant limitations of the existing technology.
- Creation of an open source technology development strategy that reflects new technological trends.
- Use of international infrastructure.
- Creating a business strategy based on technology sharing and business suitability.
- Creation of a research and design system using test sequence analysis and data exchange.

Research plan

1st stage: basic system design

- Analyzing sensor accuracy, measuring collision risk, and conducting training experiments for various obstacle characteristics.
- Development of an obstacle detection algorithm based on heterogeneous sensors.
- Multiple object recognition algorithm based on data from an adaptive sensor.

2nd stage: optimization of the module, adaptation and verification in different situations

- Implementation and evaluation of UAV efficiency
- Addition of heterogeneous sensor technology to the autonomous operation of UAVs.
- Analysis and optimization of modules for embedded environments.

The expected use of the results of technologies for the detection and localization of objects with the help of unmanned aerial vehicles

Real-time obstacle detection and object recognition technology based on data convergence from heterogeneous sensors for unmanned aerial vehicles can be used both in the unmanned vehicle and directly in the UAV field.

This work can be used in various situations, in particular to prevent social disasters and to deliver goods by private companies.

PR: press release, taking into account the key technologies of this service platform

Technical exhibition: exhibition of technical items to address various technical consultations related to task definition technology

Demonstration and pre-commercialization: advancement through pre-commercialization based on this technology.

Development of holistic, smart, safe, accessible and inclusive mobility systems

Ukraine must maintain the competitiveness of its transportation and logistics industry, and lead the transformation of supply-driven transport to demand-driven, safe and sustainable mobility services. Appropriate research and innovation initiatives will help prepare for such transformations. New digital technologies such as big data (Big Data), Internet of Things (IoT), artificial intelligence and advanced satellite navigation services (Galileo / EGNOS) provide great potential for the development of connected and automated transport and traffic management throughout the transport

network. It can provide significant safety, environmental, economic and social benefits by reducing accidents caused by human error, reducing traffic congestion, reducing vehicle energy consumption and emissions, improving the efficiency and productivity of transport operations, improving working conditions, creating new jobs and promoting social cohesion. To succeed in this transformation, Ukraine's outdated (and not always sustainable) transport infrastructure needs to be prepared to ensure more efficient and intelligent functioning. The results of research and innovation will form the basis for future standards, creating European and global markets, as well as adapting and modernizing the common regulatory framework. To maximize social, environmental, and economic benefits, in addition to technological solutions, it is important to consider the following human and social aspects: analysis of mobility factors and patterns, representation of different social groups and inclusion of new solutions, capacity building and public acceptance.

Safety and competitiveness of the automated road transport system

Task. Implement goals for shared, connected and automated mobility on roads at national level.

Goal: to outline public benefits, strengthen the competitiveness of Ukrainian industry and properly manage the long transition phase to a highly connected and automated transport system in a safe and reliable way, promoting social integration and overall efficiency, taking into account personal mobility, while reducing the overall impact on the environment.

Potential research tasks and topics

- Interaction of automated vehicles with the environment, physical and digital infrastructure, interfaces with other types of transport.
- Technical and non-technical means: smart sensors, 3D HD maps, advanced satellite navigation technologies, data analysis, artificial intelligence, ethics, privacy, security, accountability for cybersecurity accessibility, user and public acceptance, governance and international cooperation.
- The impact of the automated road transport system on society and the environment (economic, ecological, social, educational, qualification aspects, employment).
- Large-scale cross-border demonstrations to gain insight into the capabilities and limitations of automated driving systems and for deployment.

Development of efficient and innovative transport infrastructure

Task. Innovative infrastructures will be vital for the implementation of the TEN-T network and the technological transition to effectively limit greenhouse gas emissions. Thus, there is a need for new solutions to ensure, despite existing budget constraints, the transport infrastructure of Ukraine. It can be maintained, upgraded and expanded to ensure efficiency. Anticipating climate change is critical for developing new types of innovative transport infrastructure by 2050, where sustainability and environmental impact are a pressing challenge. Moreover, focusing on new modes of transport and customs is key to improving connectivity and thus improving competitiveness and service quality.

Goal. Development and approval of new solutions to increase the efficiency, intermodality and safety of the transport system for passengers and cargo. At the same time, reduce greenhouse gas emissions from transport operations and improve

the environmental performance of transport maintenance and modernization works throughout the entire life cycle of the infrastructure.

Potential research tasks and topics:

- To develop and test new methods of maintaining and upgrading transport infrastructure to improve safety, climate resilience and environmental impact (including habitat and biodiversity), and develop new mobility solutions.
- To support the development of transport infrastructure, which will ensure the incorporation of the new types of transport and improve the integration of (national, regional) transport infrastructure and energy systems by deploying the appropriate infrastructure.
- Integration of physical and secure digital infrastructure, including cyber security aspects.
- To develop information collection and data management tools to monitor infrastructure performance (asset utilization rate) and effectively manage mixed fleets of vehicles on the road networks.
- To develop and test models of governance, regulation, public procurement and new contractual performance measures and incentives to support and modernize infrastructure.

Implementation. Potential challenges and research topics will be addressed through collaborative research and innovation.

Development of the future transport network and integrated traffic management

Task. The lack of timely information, reliability, multimodal coordination, safety, passenger comfort and availability of collective mobility, aggravated by inefficient freight traffic, leads to an increase in the use of private transport. Overcoming system-wide capacity limitations will improve the management of passenger and cargo traffic flows, ensuring uninterrupted mobility and "door-to-door" transport, which will lead to optimal traffic flow and circumvention of temporary capacity restrictions.

Goal. Develop and deploy an advanced multimodal network and integrated traffic management system to ensure uninterruptible door-to-door mobility, improve safety, reduce congestion and transport-related emissions.

Potential research tasks and topics

- Architecture and concept of operations for an efficient, sustainable and adaptive multimodal network and traffic management (NTM) system using advanced digital technology solutions and satellite navigation services.
- Integrating service networks with cooperative and connected vehicles to improve traffic management and overall higher percentage of mobile traveler information.
- Verification of next-generation multimodal NTM systems (including intramodal optimization and interface design).
- Data sharing issues: patterns of data sharing and use by various public and private stakeholders, the need for common approaches and rules;
- Optimization of the traffic of conventional, automated and unmanned vehicles in the multimodal NTM system.

- Provision of intermodal freight transport services in Ukraine, connected to global supply chains within a well-synchronized, intelligent and uninterrupted network.
- Inclusion of soft / active mobility provisions (bicycles + walking).

Implementation. Potential challenges and research topics will be addressed through collaborative research and innovation.

Multimodal freight logistics services and passenger mobility services

Task. New mobility services for people with disabilities are needed to ensure equitable access to new technologies. Public and private transport operators are developing their service models – blurring the traditional boundaries between public transport and private mobility and between different modes of transport.

Goal. To ensure the competitiveness of Ukraine in the field of logistics and mobility services, while reducing the impact of the climate and the environment in accordance with the Paris Agreement. Develop and validate new, low-carbon approaches to the freight transport system and logistics operations throughout the life cycle. Develop and validate human-centered smart public transport and sustainable mobility services in all types of rural and urban areas.

Potential research tasks and topics

- New digital infrastructures, their interconnection and interaction with satellite navigation of Ukraine to increase the efficiency of logistics chains.
- To assess new business and operational models, their employment and social implications (e.g. the need for upskilling and reskilling of the workforce), taking into account new digital and space technologies, vehicles (e.g. drones), new mobility models and new global trends.
- To assess the impact and opportunities of cooperative, connected and automated mobility on multimodal cargo logistics based on digital technologies and satellite navigation services of Ukraine, open platforms and data standards/formats.
- Development and definition of new management models for affordable, smart mobility services for all.
- Requirements arising from the future interaction of physical, digital, technical, social (health care, education, etc.) and three-dimensional systems.
- Adapting the data ecosystem / Internet of Things to integrate new technologies from different sources (including non-transport) and to integrate new mobility needs (models).

Implementation. Potential challenges and research topics will be addressed through collaborative research and innovation.

Increasing the safety of transport - by mode and between modes

Task. Safety is a top priority for any country's transportation system. The basis of security research is technology, regulations and human factors (individual and organizational aspects, including interaction with automation). Research needs to consider risks and systemics, including vehicles, infrastructure (e.g. railway stations, airports and ports), physical environment (e.g. weather) and various actors (e.g. manufacturers, regulators, operators, users), and as well as all their interfaces. Specific issues for each mode of transport and synergies between modes will be addressed, including safety culture, data use and security/cyber security interactions. Special attention will be paid to low-frequency events with high consequences (eg

passenger ship accidents) and emergency problems that require rapid investigation to accelerate safety. Interactions will be used in research at national, European and international levels with national authorities, agencies and international organizations to improve regulation, promote safety and control.

Goal. Contribute to a significant reduction in accidents and incidents, fatalities, injuries and environmental damage.

Potential research tasks and topics:

- Building, analyzing and sharing security and security intelligence data.
- Understanding and predictive assessment of security risks for system design, operation and performance.
- Human factors, including social behavior, new mobility patterns, information perception, situational awareness and interaction with automation.
- Uninterruptible interaction between all users, their vehicles, infrastructure and physical environment in a secure systems approach.
- New security technologies and solutions, taking into account emerging risks and opportunities (e.g. artificial intelligence).
- Improved preparation, verification, monitoring and implementation of safety norms, rules, standards, safety management systems and training, studying the potential of Ukraine's space technologies.
- Accident management and rapid response;

Implementation. Potential challenges and research topics will be addressed through collaborative research and innovation.

To Section 8 Scientific Support, Staffing, and Funding for the National Artificial Intelligence Ecosystem

The main **directions** of increasing the level of supply of the AI technologies market with qualified workforce and the level of awareness of the population about the possible areas of use of such technologies are:

- creation of an open organizational and technical ecosystem of relevant fundamental and applied problems and tasks that require the use of artificial intelligence; using the appropriate register of problems and tasks as the first priority for choosing the topics of diploma and theses of the relevant specialties and specializations;
- priority implementation of the model of dual master's and postgraduate studies in the field of AI using the experience of existing pilot projects of high-tech dual programs and involving in the planning and implementation of interested leading international companies that have research branches in Ukraine;
- creation of regulatory and actual conditions for stimulating joint innovation and incubation activity (startup infrastructure) in the field of AI of teachers-researchers, students and business representatives at higher education institutions of Ukraine;
- creation of conditions for the return of leading Ukrainian scientists and specialists in the field of AI who live and work abroad;
- determining the technological priorities of research taking into account limited resources - in particular, those that require small investments, while giving a

- significant competitive advantage in global markets due to mass use - AI on devices (On-Device AI), new machine learning algorithms for systems with significant limitations in resources and so on;
- identification of priority related fields in applied physics, mathematics, materials science, neuroscience, mathematical linguistics, etc. - since real competition in the field of AI takes place, including in interdisciplinary directions for the creation of new computing architectures.

Чебанов В. Б.

До підрозділу 7.3 розділу 7 «Штучний інтелект у медицині»

Історично склалися дві парадигми розуміння біоетики. Обґрунтування сутності біоетики як варіанта екологічної етики започаткував богослов П. М. Ф. Ягр (1895–1953; Німеччина), який 1927 означив цим терміном належне ставлення та повагу людини до тварин і рослин. 1934 він запропонував поняття «біоетичний імператив» (в основі — вимога гуманного ставлення до живих істот).

Біохімік В. Р. Поттер (1911–2001; США) у статті «Біоетика — наука виживання» (англ. «Bioethics: The science of survival»; 1970) та праці «Біоетика: міст в майбутнє» (англ. «Bioethics: Bridge to the Future»; 1971) обґрунтував предмет, завдання і підходи біоетики як етики виживання людства, покликаної об'єднати природниче та гуманітарне знання, медичну та екологічну прикладні етики, антропоцентричну концепцію індивідуального здоров'я та біоцентричну етику Землі еколога і філософа О. Леопольда (1887–1948; США). 1988 він запропонував ідею глобальної біоетики.

Друга парадигма тлумачення сутності біоетики започаткована ідеями А. Хеллегерса (1926–1979; США), акушера-гінеколога та ембріолога, засновника Інституту етики імені Кеннеді. Він позначив цим терміном міждисциплінарні дослідження моральних проблем біомедицини, пов'язані з необхідністю захисту гідності і прав пацієнтів. Схарактеризував біоетику як прикладну етичну галузь, що виникає з діалогу етики і медицини (ця версія домінує в американській біоетиці).

Становленню біоетики сприяла активізація громадських рухів із захисту прав пацієнтів, споживачів, дискримінованих соціальних груп, осіб з інвалідністю, піддослідних тварин, розвиток екологічної ідеології, правозахисний рух, пов'язаний із медичною наукою і медичною допомогою, правами пацієнтів, та усвідомлення міждисциплінарності порушених проблем.

На розвиток прикладних аспектів біоетики вплинула діяльність засновника Центру клінічної біоетики Джорджтаунського університету Е. Д. Пелегріно (1920–2013; США).

Філософ Т. Енгельгардт-молодший створив концепцію християнської (православної) біоетики і запропонував поділ на «біоетику для друзів» (англ. bioethics for friends) — дисциплінарні дослідження в рамках ціннісно єдиного суспільства та «біоетику для сторонніх» (англ. bioethics for strangers) — студії,

що передбачають множинність ідей і ціннісних позицій. Філософи Е. Сгречча (1928–2019; Італія) і В. Тамбоне (1903–1958; Італія) розробили модель християнської (див. Християнство) персоналістичної біоетики, засновану на ідеї цілісності особистості.

Розвиток актуальної європейської біоетики пов'язаний із працями П. Кемпа (нар. 1937) і Дж. Д. Рендторфа (нар. 1965), обидва — Данія.

Поштовхом до розвитку біоетики стало поширення усвідомлення загрози моральній ідентичності людини з боку технологічного прогресу біомедицини. З початку 1960-х учені і правозахисники поставили під сумнів те, що благом окремої людини можна пожертвувати заради блага людства. Наслідком дискусій стало формулювання центрального для сучасної біоетики принципу автономії особистості (обґрунтовує право кожної людини брати участь як самостійний суб'єкт в ухваленні життєво важливих медичних рішень, що стосуються її особисто) та біоетичного правила добровільної інформованої згоди.

У 1970–1980-ті розвиток американської та європейської біоетики був пов'язаний з академічними та публічними дискусіями з питань біомедицини, у 1990-ті до них долучено громадське обговорення справедливості соціальної.

С. Пустовіт (нар. 1964; РФ) акцентує на актуалізації ідей глобальної біоетики (початок XXI ст.) та формуванні її соціальної моделі, заснованої на позитивних правах людини, використанні етичних норм і цінностей у конкретних соціальних системах.

Філософські основи біоетики представлені працями Т. Л. Бочампа (нар. 1939), Дж. Ф. Чілдреса (нар. 1940), Р. Вітча (1939–2020), М. Черрі (нар. 1969), А. С. Ілтис (нар. 1974), Д. Келлехана (1930–2019), усі — США) та ін.

В Україні міждисциплінарне осмислення біоетики презентують дослідження С. Пустовіт (нар. 1964; РФ), В. Кулініченка (1943–2014; РФ), Ю. Кундієва (1927–2017), В. Запорожана (нар. 1947), М. Кисельова (нар. 1942); (усі — тепер Україна).

Провідні дослідницькі установи з біоетики у світі: незалежний Гастінгський центр (англ. The Hastings Center, засновано 1969), Інститут етики імені Кеннеді (англ. The Kennedy Institute of Ethics Georgetown University, створено 1971), Центр клінічної біоетики Джорджтаунського університету Е. Д. Пелегріно (англ. Edmund Pellegrino Center for Clinical Bioethics, засновано 1990). Дослідницькі біоетичні центри діють в Іспанії, Бельгії, Франції, Нідерландах, Італії, Великій Британії, Австралії.

Перший міжнародний етичний стандарт проведення наукових досліджень на людині, базований на принципі автономії особистості пацієнтів і досліджуваних, дала Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації (англ. Declaration of Helsinki, опубліковано 1964), що стимулювала розвиток досліджень з етичних проблем експериментування на людині. Оновлена версія документа (2000) є міжнародним стандартом наукових досліджень. 1997 Рада Європи ухвалила Конвенцію про захист прав та гідності людини у зв'язку з використанням досягнень біології та медицини (ETS-164), яка встановлює низку принципів і норм для забезпечення гідності, недоторканності, прав і

свобод людської особистості, щоб захистити її від зловживань досягненнями біомедицини. Україна підписала Конвенцію 2002.

Інструментом реалізації принципів біоетики є комітети з біоетики (етичні комітети), що виконують функцію етичного експертування. Потреба в їхній діяльності пов'язана із тим, що новітні медичні технології створюють підстави для появи наслідків, які породжують складні моральні проблеми, які традиційні експертні інституції не можуть вирішити. Перший етичний комітет створили 1961 у м. Сієтл (штат Вашингтон, США). У Європі комітети з біоетики з'явилися у 1980-х. З 1985 діє Експертний комітет із біоетики (з 1992 — Керівний комітет із біоетики Ради Європи), з 1993 — Міжнародний біоетичний комітет при ЮНЕСКО.

В Україні перший комітет із біоетики створено 1992 з ініціативи Інституту медицини праці (з 2017 — Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва) та Інституту педіатрії, акушерства та гінекології (з 2017 — Інститут педіатрії, акушерства та гінекології імені О. М. Лук'янової) Національної Академії медичних наук України. Від 1998 Комітет з питань біоетики діє при Президії Національної академії наук України, з 2001 — Комісія з питань біоетики при Кабінеті Міністрів України (як консультативно-дорадчий орган). 2000 створено Українську асоціацію з біоетики. Від 2001 відбулося сім Національних конгресів з біоетики.

Chebanov V.

To Subsection 7.3, Section 7 Artificial Intelligence in Medicine

Historically, there have been two paradigms of interpreting bioethics. Theologian Paul Max Fritz Jahr, who in 1927 coined the term bioethics referring to the proper attitude and respect of human toward animals and plants, was the first to determine the essence of bioethics as a variant of environmental ethics (1895-1953, Germany). In 1934 he suggested the concept of “bioethical imperative” (based on the humane treatment of living beings).

Biochemist Van Rensselaer Potter in his article Bioethics, the Science of Survival and the book Bioethics: Bridge to the Future (1971) substantiated the subject, tasks, and approaches of bioethics as an ethics of human survival, designed to combine natural and humanitarian knowledge, medical and environmental applied ethics, anthropocentric concept of individual health and biocentric ethics of the Earth of the ecologist and philosopher Aldo Leopold (1887-1948, USA). In 1988 he proposed the idea of global bioethics.

Another paradigm for interpretation of the essence of bioethics was suggested by André Hellegers (1926-1979, USA), obstetrician, gynaecologist, and embryologist, founder of the Kennedy Institute of Ethics. He defines bioethics as interdisciplinary study of the moral problems of biomedicine associated with necessity of protecting the dignity and rights of patients. He characterized bioethics as a discipline of applied ethics comprised of ethics and medicine (this version dominates American bioethics).

The formation of bioethics was facilitated by the rise of social movements to protect the rights of patients, consumers, discriminated social groups, persons with disabilities, and experimental animals; the emergence of environmentalism, the human rights movement concerned with medical science and medical care, patients' rights, and awareness of the interdisciplinarity of the problems raised.

The development of applied aspects of bioethics was influenced by Edmund Pellegrino (1920-2013, USA), the founder of the Centre for Clinical Bioethics at Georgetown University Medical Centre.

Philosopher Hugo Tristram Engelhardt Jr. created the concept of Christian (Orthodox) bioethics and offered a distinction between "bioethics for friends" – disciplinary study within the society with common values, and "bioethics for strangers" – study encompassing multiple ideas and values. Philosophers E. Sgreccia (1928-2019, Italy) and V. Tambone (1903-1958, Italy) developed a model of Christian personalistic bioethics based on the idea of the integrity of the individual.

Current European bioethic' development is associated with the works of P. Kemp (born 1937) and J. D. Rendtorff (born 1965), both from Denmark.

The growing awareness of the threat posed by the technological advancement of biomedicine to a person's moral identity drove the formation of bioethics. Since the early 1960s, scientists and human rights activists have questioned the statement that the good of an individual can be sacrificed for the good of humanity. The discussions resulted in the formulation of the bioethical rule of informed consent and the principle of autonomy, which is central to contemporary bioethics and justifies the right of every person to participate as an independent subject in making important medical decisions directly affecting them.

In the 1970s and 1980s, the development of American and European bioethics was associated with academic and public discussions on biomedicine. In the 1990s, social justice fell under public discussion.

S. Pustovit (born 1964, Russia) focuses on the actualization of the ideas of global bioethics (early XXI century) and the formation of its social model based on positive human rights, the use of ethical norms and values in specific social systems.

The philosophical foundations of bioethics are represented by the works of T. L. Beauchamp (born 1939), J. F. Childress (born 1940), R. M. Veatch (1939-2020), M. J. Cherry (born 1969), A. S. Iltis (born 1974), D. Kelleher (1930-2019), USA.

In Ukraine, the interdisciplinary comprehension of bioethics is represented by the research of S. Pustovit (born 1964, Russia), V. Kulinichenko (1943-2014, Russia), Y. Kundiev (1927-2017), V. Zaporozhan (born 1947), M. Kyselova (born 1942), Ukraine.

Leading research institutions on bioethics in the world: Hastings Center founded in 1969; Kennedy Institute of Ethics founded in 1971 at Georgetown University; Edmund D. Pellegrino Center for Clinical Bioethics founded in 1990.

Research centres for bioethics operate in Spain, Belgium, France, the Netherlands, Italy, Great Britain, Australia.

The first international ethical standard for conducting scientific research involving human subjects, based on the principle of autonomy of the patients and test subjects, was introduced in the Declaration of Helsinki published in 1964, which fostered

development of research on the ethical issues of human experimentation. The updated version of the document (2000) serves as an international standard for scientific research. In 1997 the Council of Europe adopted the Convention for the Protection of Human Rights and Dignity of the Human Being with regard to the Application of Biology and Medicine (ETS-164), which establishes a number of principles and norms in order to protect the dignity, privacy, rights and freedoms of the human from abuse of biomedicine achievements. Ukraine has signed the 2002 Convention.

Bioethics committees (ethical committees) that perform the function of ethical expertise serve as a mechanism for the enforcement of bioethics principles. These committees are essential due to the fact that the latest medical technologies lead to the consequences, which give rise to complex moral problems that traditional expert institutions cannot resolve. The first Ethics Committee was established in 1961 in Seattle (Washington, USA). In Europe, committees on bioethics appeared in the 1980s. Since 1985, the Committee of Experts on Bioethics has been operating (since 1992 – the Steering Committee on Bioethics of the Council of Europe), since 1993 — the International Bioethics Committee of UNESCO.

In Ukraine, the first committee on bioethics was established in 1992 on the initiative of the Institute of Occupational Medicine (since 2017 – Yu. I. Kundiiiev Institute of Occupational Health) and the Institute of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology (since 2017 – O. M. Lukyanova Institute of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology) of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. Since 1998, the Committee on Bioethics has been operating under the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine, since 2001 – the Committee on Bioethics under the Cabinet of Ministers of Ukraine (as an advisory body). In 2000, the Ukrainian Association on Bioethics was established. Since 2001, seven National Congresses on Bioethics have been convened.

Шевченко А. І.

До підрозділу 2.2 розділу 2 «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

На рис. 4 наведено функціональну схему машини нового покоління, що створена українськими ученими під назвою **«Функціональна модель обчислювальної машини зі свідомим штучним інтелектом»**, яку можна використати як основу для подальших досліджень ШІ в особистісному контексті. Під час її створення було використано знання щодо побудови функціональної схеми свідомої діяльності людини, з системою контролю за прийнятими рішеннями. Визначено основні та допоміжні системи – ті, що беруть участь у прийомі інформації, у її попередньому опрацюванні та у формуванні образів, системи короткочасної, довготривалої та генної пам'яті, а також системи контролю за виконанням законів і норм (совість), згідно з якими функціонує людське суспільство.

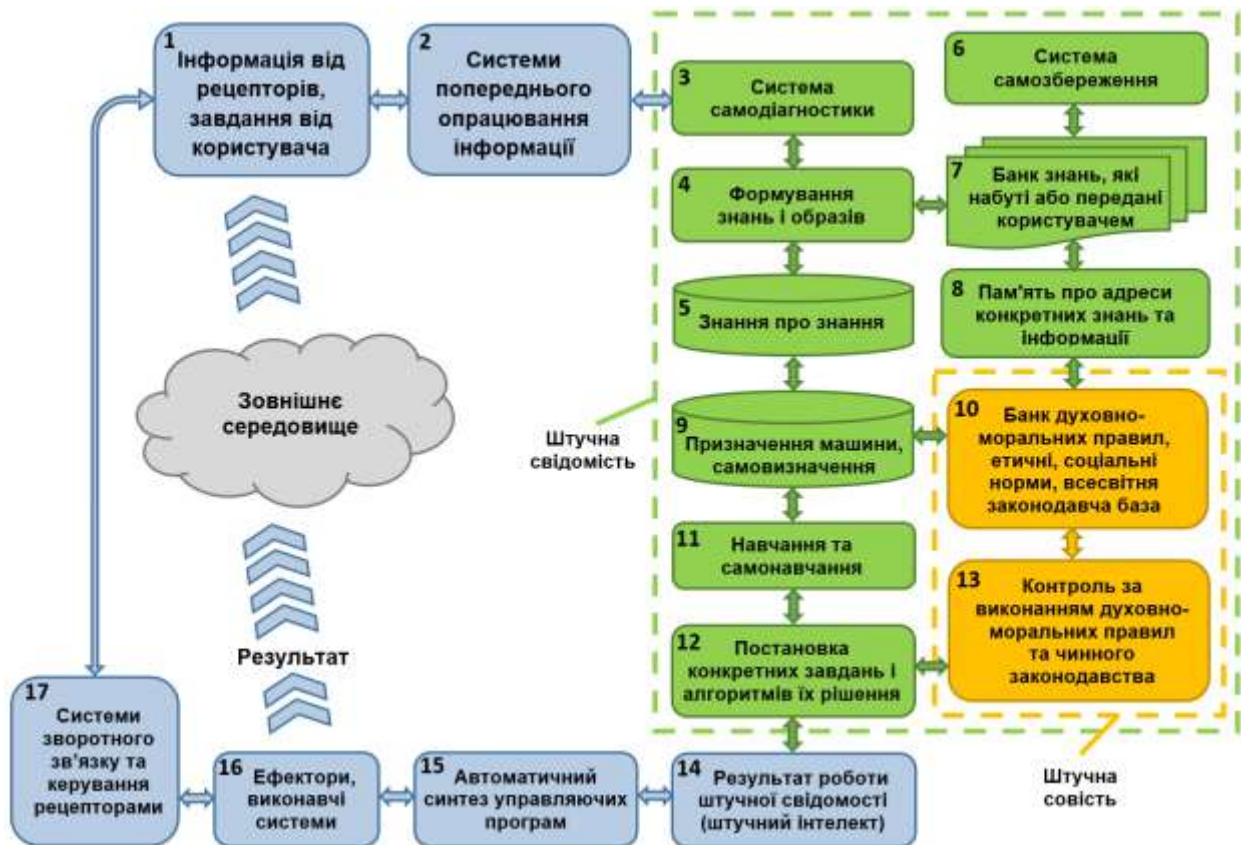


Рис. 4. Функціональна модель обчислювальної машини зі штучним інтелектом

Shevchenko A.

To Subsection 2.2, Section 2 Main Directions of AI Research

Fig. 4 shows the functional diagram of a new generation machine created by Ukrainian scientists called “**Functional model of a computer with conscious artificial intelligence**”, which can be used as a basis for further research on AI in a personal context. During its creation, knowledge was used to build a functional scheme of conscious human activity, with a system of control over the decisions made. The main and auxiliary systems are defined – those that participate in receiving information, in its preliminary processing and in the formation of images, systems of short-term, long-term and genetic memory, as well as systems of control over the implementation of laws and norms (conscience), according to which human society functions.

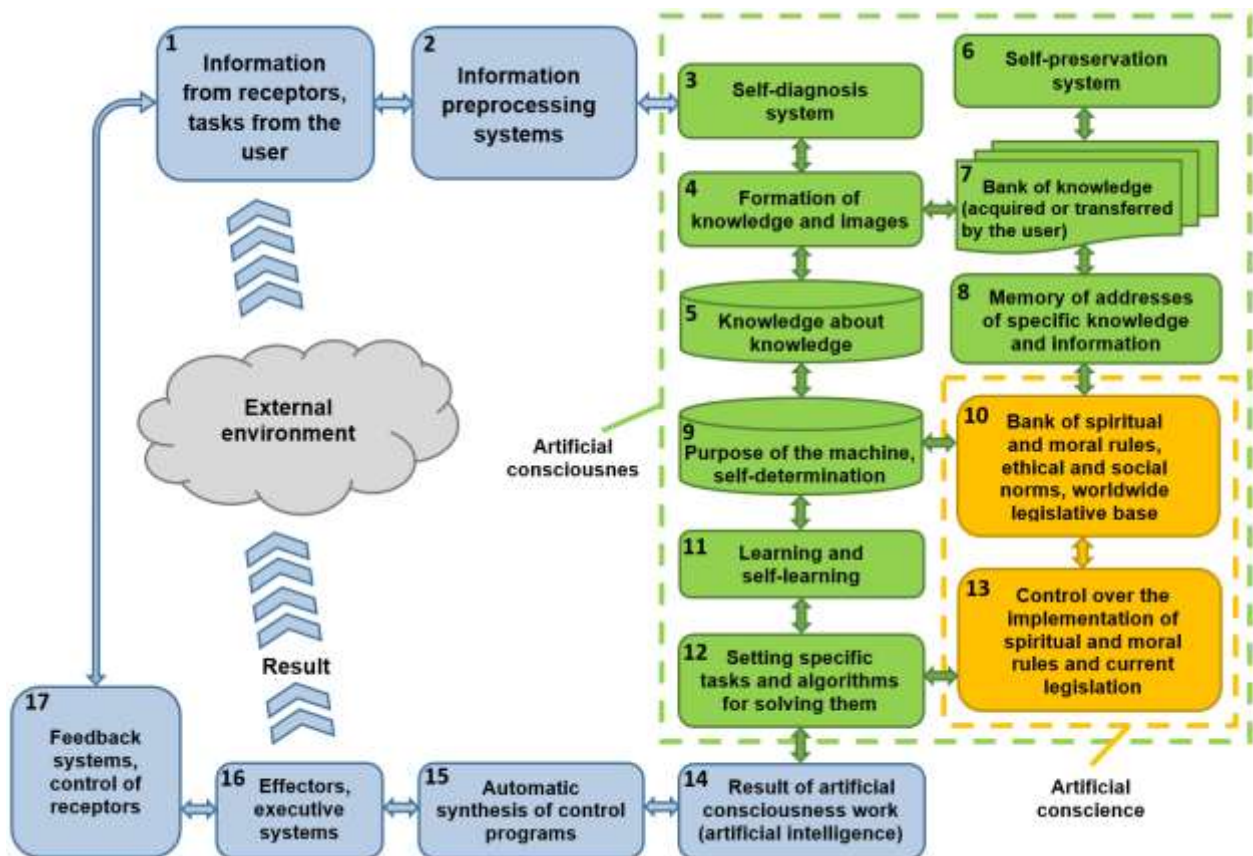


Fig. 4. Functional model of a computer with artificial intelligence

Щокін В. П.

До підрозділу 7.4 розділу 7 «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає такі заходи впровадження ШІ у гірничо-металургійний комплекс:

- підвищення ефективності керування агломераційним комплексом шляхом застосування методів та засобів ШІ для аналізу динамічного стану технологічних процесів та адаптивного інтелектуального керування на основі ARMAViS-нейромережових структур в умовах дії значних параметричних та координатних збурень;
- впровадження гарантовано стійких інтелектуальних систем керування рудозбагачувальним комплексом як нелінійним динамічним об'єктом, за умови відсутності його математичної моделі в аналітичному вигляді;
- зниження невиробничих витрат технологічних процесів доставки сировини поточно-транспортними системами шахт та рудників шляхом розроблення та впровадження систем автоматичного керування ТП, синтезованих на базі ШІ;
- зниження електроенергетичних витрат в умовах гірничо-збагачувальних підприємств шляхом впровадження систем ШІ для визначення установок коригування систем нижнього рівня управління технологічними процесами

та нейронечіткого планування графіків проведення планово-попереджувальних ремонтів;

- забезпечення безпечних умов проведення гірничих робіт шляхом впровадження систем ІІІ у геофізичному моніторингу техногенної частини земної кори з оцінкою стійкості порожнин і ціликів та прогнозом можливих деформацій і аварійних ситуацій;
- підвищення екологічної безпеки масових вибухів в залізорудних кар'єрах за пилогазовим чинником шляхом впровадження ІІІ в інформаційну систему прогнозу параметрів виносу пилогазової хмари в навколишнє середовище і показників потенційного впливу на екологічну безпеку прилеглих до кар'єрів територій.

Shchokin V.

To Subsection 7.4, Section 7 Artificial Intelligence in Manufacturing Industry and in Power Sector

The strategy for development of artificial intellect in Ukraine provides for the following measures for introduction of AI in the mining and metallurgical complex:

- increasing the efficiency of management of the agglomeration complex by applying AI methods and tools to analyse the dynamic state of technological processes and adaptive intelligent control based on ARMABiS-neural network structures under the conditions of significant parametric and coordinate disturbances;
- implementation of guaranteed sustainable intelligent control systems of the ore beneficiation complex as a non-linear dynamic object, provided there is no mathematical model of it in an analytical form;
- reduction of non-production costs of technological processes of raw material delivery by current transport systems of mines through the development and implementation of automatic control systems of TP synthesized on the basis of AI;
- reduction of electricity costs at mining and beneficiation enterprises through the implementation of AI systems for determining the adjustment settings of lower-level technological process management systems and neuro non-strict planning of scheduled and preventive maintenance schedules;
- ensuring safe conditions for mining operations by implementing AI systems in geophysical monitoring of the man-made part of the earth's crust with an assessment of the stability of cavities and wholes and a forecast of possible deformations and emergency situations;
- increasing the environmental safety of mass explosions in iron ore quarries due to the dust and gas factor, by introducing AI into the information system for forecasting the parameters of the removal of dust and gas cloud into the environment and indicators of the potential impact on the environmental safety of the areas adjacent to the quarries.

III. ЕКСПЕРТНІ ВИСНОВКИ ЩОДО СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ (2023 – 2030)

III. EXPERT OPINIONS ON THE STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE (2023 – 2030)

Бодянський Є. В.

Професор кафедри штучного інтелекту
Харківського національного університету радіоелектроніки,
доктор технічних наук.

На цей час у всьому світі проводяться інтенсивні дослідження зі створення та впровадження засобів штучного інтелекту у всі сфери людської діяльності, включаючи, природно, народне господарство та військові застосування. Наприклад, у США діє державна програма «Американська ініціатива штучного інтелекту», при цьому багато розробок у цій галузі використовує армія США. В ЄС на цей час завершується розробка законодавства з використанням штучного інтелекту у всіх сферах діяльності, у КНР діє «План розвитку штучного інтелекту нового покоління», в рамках якого вже створено та введено у дію суперкомп'ютери – нейронні мережі Wu Dao 2/0 та Da Dian Nao, кількість нейронів в яких перевищує кількість нейронів людського мозку. Серйозні дослідження з цього напрямку проводять Японія та Південна Корея. В Україні Міністерство цифрової трансформації створило «Концепцію розвитку сфери штучного інтелекту в Україні», яка є в цілому корисним, але дещо декларативним документом.

Тому Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) є дуже потрібним і всеохопним документом, який стосується всіх сфер діяльності суспільства, включаючи, природно, народне господарство та оборонну сферу.

На мій особистий погляд, важливий акцент зроблено на необхідності проведення фундаментальних досліджень у сфері штучного інтелекту з наголосом на створенні нових глибоких нейронних мереж, що зараз розвиваються, досліджуються та використовуються у всьому світі, включаючи, природно, військові та медичні застосування. Вважаю, що це саме ті напрями, яких потребує наша країна сьогодні.

Як висновок, хотів би зазначити, що завдання створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) виконано у повному обсязі та на високому рівні. Вважав би також доцільним продовжити дослідження у напрямі створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом на основі нейромережевих технологій та гібридних систем обчислювального інтелекту.

Bodyanskiy Ye.

Professor of the department of Artificial Intelligence,
Kharkiv National University of Radioelectronics,
Doctor of Technical Sciences.

Nowadays, intensive research is being conducted all over the world on the creation and implementation of artificial intelligence in all spheres of human activity, including the national economy and military. The United States launched a state program National Artificial Intelligence Initiative, and many developments in this area are used in the U.S. Army. In the European Union, the development of legislation on the usage of artificial intelligence in all areas of activity is currently being completed. China released there the New Generation Artificial Intelligence Development Plan, which has already created and put into operation supercomputers – neural networks Wu Dao 2/0 and Da Dian Nao, the number of neurons in which exceeds the number of neurons in the human brain.

The significant research in this area is currently being conducted in Japan and South Korea. In Ukraine, the Ministry of Digital Transformation and the Committee for Digital Transformation of Ukraine have created a Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine until 2024, which is generally an applicable but somewhat unsubstantiated document.

Therefore, Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is a relevant and comprehensive document that covers all areas, including the national economy and defense.

In my estimation, an important emphasis is placed on the need for basic research in the field of artificial intelligence with extra importance given to the development, research, and usage all around the world, including military and healthcare. I believe that these are exactly the directions that are necessary for our country.

I would like to note that the task of creating the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) has been fully completed. I also consider it appropriate to continue research in order to create a computer with artificial intelligence based on neural network technologies and hybrid computational intelligence systems.

Жохін А. С.

Старший науковий співробітник відділу синергетики
Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова Національної академії
наук України, кандидат фіз.-мат. наук.

У сучасному світі Стратегія розвитку штучного інтелекту є важливою як для національної економіки, так і для функціонування суспільства в цілому. Це потребує уваги з боку вчених та практиків, які застосовують досягнення науки. Про необхідність удосконалення системи управління в усіх сферах діяльності людини постійно наголошують експерти Світового банку та фахівці міністерств і відомств України. Розробка систем штучного інтелекту підвищить рівень технологій у державі, її конкурентоспроможність у світі, а також забезпечить

перехід на нові рівні розвитку національної економіки. Пропозиції щодо створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом є новими та відповідають найсучаснішим напрямкам розвитку науки і практики в світі. Новим підходом в інформаційних технологіях є обрання мозку людини, свідомості та інтелекту як зразка для створення обчислювальної машини, що має штучний інтелект. В Україні є кадровий науковий потенціал, який спроможний створити обчислювальні системи зі штучним інтелектом.

Важливою є проблема використання продуктивних моделей для конструювання штучного інтелекту. Для цього варто залучити підходи в моделюванні, які використовують у природничих науках, дають плідні результати і відіграли велику роль у технічному і культурному прогресі людства. Таким підходом є синергетичний метод, у якому складові об'єкти дають новий об'єднаний об'єкт вищого рівня організації. Побудова синергетичних нелінійних моделей для штучного інтелекту дасть нові можливості в теорії і її застосування на практиці, розширить обрії області штучного інтелекту як кібернетичної та інформаційної науки. Важливою проблемою при цьому буде адаптація синергетики до проблем штучного інтелекту і використанні її методів у конкретних приладах і конструкціях.

Пропозиції щодо визначення сфери проривних технологій в Україні підтримую, а також підтримую Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) в цілому.

Zhokhin A.

Senior Researcher at the Department of Synergetics,
Bogholjubov Institute for Theoretical Physics
of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Candidate of Physics and Mathematics.

In the contemporary world, the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is crucial both for the national economy and for the functioning of society as a whole. It requires attention from scientists and practitioners who apply the achievements of science in their work. The necessity to enhance the management system in all spheres of human activity is constantly emphasized by experts of the World Bank and specialists of ministries and departments of Ukraine. The development of artificial intelligence systems would increase the level of technology in the state, its competitiveness in the world, as well as ensure the transition to new levels of development of the national economy. Proposals for the creation of a computer with artificial intelligence are new and correspond to the latest directions of the development of science and practice in the world. A new approach in information technology is the choice of the human brain, consciousness, and intelligence as a model for creating a computer that has artificial intelligence. The scientific potential of Ukrainian talents is enough to create a computer with artificial intelligence.

The issue of using productive models for the design of artificial intelligence is of major importance. To this end, it is necessary to apply approaches in modeling that

are used in the natural sciences, which offer fruitful results and have had a significant impact on the technical and cultural progress of mankind. This approach is a synergistic method in which the constituent objects release a new unified object of the highest level of the organization. The construction of synergistic nonlinear models for artificial intelligence will provide new opportunities in theory and its application in practice, and expand the horizons of the field of artificial intelligence as cybernetic and information science. An important problem will be the adaptation of synergetics to the problems of artificial intelligence and the use of its methods in specific devices and structures.

I support proposals to determine the scope of breakthrough technologies in Ukraine, as well as the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) itself.

Зігель Мелані

Професор, доктор технічних наук. Інформатика, семантичні технології.
Дармштадтський університет прикладних наук (Німеччина).

Передмова

Мене попросили написати експертний висновок для монографії, що я була дуже рада зробити. Я працюю у сфері штучного інтелекту вже 30 років, в першу чергу в області мовних технологій. Я працювала як над дослідженнями, так і в області застосування ШІ, а зараз я професор інформаційних наук в Дармштадтському університеті прикладних наук. Бажаю українському народу якнайшвидше знову повернутися до науки та освіти у вільній, незалежній і демократичній країні.

Структура монографії

У монографії йдеться про проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, розроблений командою українських фахівців у сфері ШІ, ІТ, філософії та інших суміжних галузях. Монографія побудована таким чином, що в розділі I представлена Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022-2030 роки, у розділі II представлені доповнення до стратегії, а в III розділі – експертні думки українських науковців щодо Стратегії.

Цю структуру потрібно було б краще роз'яснити на початку монографії, щоб одержувач знав, як діяти далі. Структуру також потрібно було б обґрунтувати, тому що в іншому випадку незрозуміло, який статус мають додаткові матеріали стосовно стратегії. Деякі автори внесли свій вклад не в один розділ. Чому одна і та ж людина написала стратегію, а потім доповнення? Чи є доповнення частиною стратегії, чи це особиста думка авторів?

Той факт, що додаткові матеріали поділені не безпосередньо по розділах, а відсортовані за авторами, ускладнює прочитання монографії, адже доводиться весь час гортати сторінки туди-сюди. Можливо, додаткові матеріали було б краще розмістити безпосередньо під основними розділами.

Процес створення монографії

У передмові міститься дуже важлива інформація про процес створення стратегії. А саме, вона розроблялася не невеликою робочою групою і навіть не однією людиною, а за участю великої кількості українських вчених, на конференціях і наукових семінарах. Цей факт робить монографію особливо цінною. Моя пропозиція – приділити процесу розробки стратегії більше уваги у тексті монографії, щоб зробити актуальність висновків ще більш зрозумілою.

Зміст

Вступ

У вступі йдеться про те, що цілями стратегії є визначення пріоритетів досліджень, постановка завдань і методів розвитку технологій ШІ, а також визначення правил і законів використання і розвитку ШІ. Зазначається, що розвиток ШІ в Україні поки що не мав стратегічної спрямованості.

Доповнення до вступу стають більш конкретними: представлені там завдання включають навчання, розподілені бази даних та міждисциплінарну співпрацю.

Парадигма

Підкреслюється, що розробляється нормативно-правова база для систем ШІ в Україні. Системи штучного інтелекту мають бути прозорими. Мають бути розроблені алгоритми, які викорінюють соціальну нерівність. У тексті сказано, що іноземні підходи не можна застосовувати в Україні. Це твердження слід пояснити більш детально. Які особливі умови є в Україні?

У додатку до розділу «Парадигма» конкретизуються виклики, що стоять перед Україною, такі як жорстка глобальна конкуренція та міграція молодих експертів до міжнародних корпорацій. Наголошується на необхідності реформування освіти.

Основні поняття ШІ

Описано поняття штучної свідомості. Це має бути створено на основі людської свідомості. Людський інтелект є зразком.

Тут можна було б зробити посилання на інші визначення ШІ, наприклад, у «Білій книзі» ЄС (https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligencefeb2020_en.pdf), яка дає менш амбітне визначення: «Простіше кажучи, ШІ – це сукупність технологій, які поєднують дані, алгоритми та обчислювальні потужності».

Стратегічною метою є створення комп'ютера нового покоління, який може бути використаний для проведення прикладних та експериментальних досліджень для розробки нових технологій на основі штучного інтелекту для українського суспільства.

Додаткові матеріали до цієї глави підкреслюють необхідність нових архітектур систем і алгоритмів на основі нейронних мереж.

Цілі і завдання

Завдань, що стоять перед українськими вченими, багато і вони є різноманітними. Вони включають організаційну та цільову фінансову підтримку досліджень ШІ, безпеку застосунків та відповідну кваліфікацію науковців. У процесі підготовки, серед іншого має бути побудована дослідницька інфраструктура та стимульована міжнародна дослідницька співпраця.

У додаткових матеріалах до розділу згадуються демократичні цінності, які необхідно підтримувати, а також етичні принципи та комітет з етики.

Поточний стан

Розвиток штучного інтелекту створює багато нових висококваліфікованих робочих місць. Міжнародна співпраця нині є слабо скоординованою. Багато розробок ШІ відбуваються в Україні, але права інтелектуальної власності на них належать іноземним компаніям. Цільова підтримка надається рідко, і багато фахівців виїжджають за кордон.

Дана стратегія покликана допомогти усунути ці недоліки. Це може стати можливим завдяки чіткому визначенню цих проблем.

Глобальні стандарти ШІ

У цьому розділі розглядаються стратегії НАТО, ОЕСР, ЮНЕСКО та Міністерства оборони США.

Використання жирного шрифту у монографії є не завжди доречним, тим більше в цьому розділі цей шрифт використовується доволі часто.

Сюди можна було б додати, що робить стратегії різними, а що однаковими, а що хотілося б перейняти чи ні. Крім того, можна було б включити стратегію ЄС, яка згадується у додаткових матеріалах.

Нормативна база

Нормативно-правова та етична база для ШІ має бути створена «Комітетом з розробки та впровадження штучного інтелекту».

Пріоритетні напрямки

У цьому розділі визначені пріоритетні напрямки розробки ШІ:

- національна безпека (робототехніка та кібербезпека);
- наукова діяльність та освіта;
- медицина;
- промисловість / енергетичний сектор;
- телекомунікації;
- транспорт та інфраструктура;
- сільське господарство;
- екологія.

Я думаю, що тут відсутній важливий напрямок – мовні технології. Взаємодія людини і машини природною мовою особливо зручна для використання. Інформація дуже часто передається у лінгвістичній формі. Застосувань мовних технологій для української мови поки що небагато. Щоб сприяти цьому та

підтримувати носіїв української мови, я хотіла би запропонувати додати мовні технології як центральну сферу застосування ШІ.

Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення

Слід створити навчальну програму для навчання персоналу для впровадження та досліджень ШІ.

Я вважаю цей пункт центральним у стратегії. Ряд доповнень до цього демонструє, що автори також вважають це завдання ключовим. Варта уваги пропозиція включити ШІ до «Стандартів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти».

Оцінка

Мають бути встановлені кількісні та якісні показники розвитку ШІ. Центральну роль у цьому відіграє «Комітет з розробки та впровадження штучного інтелекту».

ШІ Експертні висновки:

Експертів запитали про їхню думку щодо стратегії, що ще раз підкреслює цінний демократичний процес, за допомогою якого була створена монографія.

Однак у читача виникають деякі питання:

- Складається враження, що експертам ставили конкретні питання, на кшталт того, що стосується наукової новизни ідей. Тексти були б більш зрозумілими, якби ці питання були перелічені у вступі.
- Як відбиралися експерти в цьому розділі? Хто працював над стратегією, хто написав додаткові матеріали, а хто дав свій експертний висновок? Це також слід зробити прозорим у вступі.

Висновок

Монографія є дуже актуальним текстом, і очевидно, що до процесу її розробки було залучено багато відомих вчених. Розроблена стратегія має високий потенціал для просування технологій штучного інтелекту в Україні таким чином, що одного дня Україна стане однією з провідних країн зі штучним інтелектом.

Моя пропозиція - зробити структуру монографії, а також опис процесу її створення краще поясненими у вступному розділі, щоб підвищити читабельність і зробити підґрунтя для результатів досліджень ще більш прозорим.

(підпис)

Мелані Зігель

Review of the Monograph "UKRAINIAN STRATEGY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT"

Preface

I was asked to write an expert opinion for the monograph, which I am very happy to do. I have been working in the artificial intelligence environment for 30 years, primarily in the area of language technology. I have worked in both research and application and am currently a professor of information science at Darmstadt University of Applied Sciences. I wish the Ukrainian people that very soon it will be possible to focus again on science and education in a free, independent and democratic country.

Monograph structure

The reviewed monograph tells about the draft Strategy of Artificial Intelligence Development in Ukraine, developed by the team of Ukrainian specialists in AI, IT, philosophy and other related fields. The monograph is structured in such a way that Part I presents the strategy for AI development in Ukraine in 2022-2030, Part II presents supplements to the strategy, and Part III contains expert opinions of Ukrainian scientists on the strategy.

This structure would need to be better explained at the beginning of the monograph so that the recipient knows how to proceed. It would also need to be motivated, because otherwise it is unclear what the status of the supplements is in relation to the strategy. Some authors contributed to more than one part. Why did the same person write the strategy and then a supplement? Are the supplements part of the strategy or are they personal opinions of the authors?

The fact that the supplements are not directly located by the chapters, but sorted by person, makes the monograph harder to read, because you actually have to scroll back and forth all the time. Perhaps the material could be placed directly below the main chapters.

Process of creation of the monograph

In the preface, there is very important information about the creation process of the strategy. Namely, it was not developed by a small working group or even a single person, but in a process involving a large number of Ukrainian scientists, in conferences and scientific seminars. This fact makes the monograph particularly valuable. I would like to suggest that the process of development be given a little more space in the monograph to make the relevance of the findings even clearer.

Content

introduction

The introduction states that the goals of the strategy are to define research priorities, set tasks and methods for the development of AI technologies, and define rules and laws for the use and development of AI. It is stated that AI development in Ukraine so far has had little strategic focus.

The supplements to the introduction become more specific: The tasks presented there include training, distributed databases, and interdisciplinary collaboration.

Paradigm

It is emphasized that a legal framework for AI systems in Ukraine is being developed. AI systems are to be transparent. Algorithms are to be developed that equalize social inequality. It is said that foreign approaches are not transferable to the Ukrainian situation. This statement should be explained in more detail. What are the specific conditions in Ukraine?

The supplements to the "Paradigm" chapter flesh out the challenges facing Ukraine, such as fierce global competition and migration of young experts to international corporations. The need to reform education is emphasized.

Basic AI concepts

The concept of artificial consciousness is introduced here. This is to be implemented on the basis of human consciousness. Here, human intelligence serves as a model.

Reference could be made here to other AI definitions, such as in the EU white paper (https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf), which gives a less ambitious definition: "Simply put, AI is a collection of technologies that combine data, algorithms and computing power."

The strategic goal is a new generation computer that can be used to conduct applied and experimental research to develop new AI-based technologies for Ukrainian society.

The supplements to this chapter emphasize the need for novel system architectures and algorithms based on neural networks.

Aims and Objectives

The tasks facing Ukrainian scientists are many and varied. They include organizational and targeted financial support for AI research, ensuring security of applications, and qualification of scientists. In preparation for this, among other things, the research infrastructure must be built and international research collaborations stimulated.

Supplements to this mention democratic values that must be supported, as well as ethical principles through an ethics committee.

Current State

AI development is creating many new highly skilled jobs. International cooperation is currently poorly coordinated. Many AI developments take place in Ukraine, but the intellectual property rights to them are held by foreign companies. Targeted support is rare, and many experts go abroad.

This strategy is intended to help eliminate these shortcomings. By clearly naming them, this can become possible.

Global AI Standards

This chapter highlights strategies of NATO, OECD, UNESCO, and the U.S. Department of Defense.

The meaning of bold printing in the monograph is not always clear, especially in this chapter bold printing is used a lot.

One could add here what makes the strategies different and what is the same and what one would like to adopt or not. Also, one could include the EU strategy, which is mentioned in the Supplement.

Regulatory Framework

A normative, legal and ethical framework for AI should be established by the "Committee on the Development and Implementation of Artificial Intelligence".

Priority Areas

This chapter defines the prioritized areas for the development of AI applications:

- National Security (esp. robotics and cybersecurity).
- Scientific Activity and Education
- Medicine
- Manufacturing Industry / Power Sector
- Telecom Industry
- Transportation and Infrastructure
- Agriculture
- Ecology

I think the important area of language technology is missing here. Human-machine interaction is particularly user-friendly with natural language. Information is very often in linguistic form. There are few applications of language technology for the Ukrainian language so far. To promote this and support Ukrainian speakers, I would like to propose adding language technology as a central application area of AI.

Scientific, Personnel and Material Provision

A study program should be established to train personnel for AI application development and AI research.

I consider this item central to the strategy. A number of supplements to this show that the authors also consider this point central. The proposal to include AI in the "higher education standards of the bachelor's degree of UA" is noteworthy here.

Evaluating

Quantitative and qualitative indicators for AI development should be established. The "Committee on the Development and Implementation of Artificial Intelligence" plays a central role here.

III Expert opinions:

Various experts have been asked for their opinions on the strategy, which once again emphasizes the valuable democratic process by which the monograph was created.

However, some questions arise for the reader:

Global AI Standards

This chapter highlights strategies of NATO, OECD, UNESCO, and the U.S. Department of Defense.

The meaning of bold printing in the monograph is not always clear, especially in this chapter bold printing is used a lot.

One could add here what makes the strategies different and what is the same and what one would like to adopt or not. Also, one could include the EU strategy, which is mentioned in the Supplement.

Regulatory Framework

A normative, legal and ethical framework for AI should be established by the "Committee on the Development and Implementation of Artificial Intelligence".

Priority Areas

This chapter defines the prioritized areas for the development of AI applications:

- National Security (esp. robotics and cybersecurity).
- Scientific Activity and Education
- Medicine
- Manufacturing Industry / Power Sector
- Telecom Industry
- Transportation and Infrastructure
- Agriculture
- Ecology

I think the important area of language technology is missing here. Human-machine interaction is particularly user-friendly with natural language. Information is very often in linguistic form. There are few applications of language technology for the Ukrainian language so far. To promote this and support Ukrainian speakers, I would like to propose adding language technology as a central application area of AI.

Scientific, Personnel and Material Provision

A study program should be established to train personnel for AI application development and AI research.

I consider this item central to the strategy. A number of supplements to this show that the authors also consider this point central. The proposal to include AI in the "higher education standards of the bachelor's degree of UA" is noteworthy here.

Evaluating

Quantitative and qualitative indicators for AI development should be established. The "Committee on the Development and Implementation of Artificial Intelligence" plays a central role here.

III Expert opinions:

Various experts have been asked for their opinions on the strategy, which once again emphasizes the valuable democratic process by which the monograph was created.

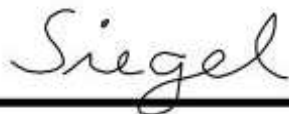
However, some questions arise for the reader:

- It seems that the experts were asked specific questions, like the one about the scientific novelty of the ideas. The texts could be followed better if these questions were listed in an introduction.
- How were the experts in this chapter selected? Who collaborated on the strategy, who wrote a supplement, and who gave their expert opinion? This should also be made transparent in an introduction.

Conclusion

The monograph is a highly relevant text, and it is evident that many renowned scientists were involved in its development process. The strategy elaborated there has high potential to promote AI technologies in Ukraine in such a way that one day Ukraine will be one of the leading AI nations.

I would like to suggest that the structure of the monograph, as well as the process of its creation, be explained a bit better in an introductory chapter to increase readability and make the broad basis for the findings even clearer.



Melanie Siegel

Казимир В. В.

Професор кафедри інформаційних та комп'ютерних систем Національного університету «Чернігівська політехніка», доктор технічних наук, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, лауреат Державної премії України у галузі освіти, Заслужений діяч науки і техніки України.

Новий технологічний уклад, який почав формуватися з початку ХХІ століття під впливом стрімкого розвитку інформаційних технологій, базується на використанні кіберфізичних систем. Матеріальний світ сьогодні зливається з віртуальним, утворюючи єдину цифрову екосистему. Найважливішим фактором успішності такого руху є впровадження інтелектуальних виробничих систем, оснащених штучним інтелектом. Однак питання використання останнього значно виходить за рамки Індустрії 4.0, торкаючись проблем загальнонаукового, соціального та юридичного аспектів розвитку штучного інтелекту. Ці обставини роблять вкрай актуальним завдання з розробки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Запропонований документ повною мірою відповідає Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02 грудня 2020 р. № 1556-р. Він розкриває у науково-практичній площині перелік основних заходів щодо реалізації згаданої Концепції, надаючи чіткі орієнтири у перспективі їх реалізації до 2030 року.

Важливим моментом Стратегії є її спрямованість на забезпечення створення проривних технологій і визначення пріоритетних сфер розвитку штучного

інтелекту в Україні. На основі аналізу світового досвіду, стандартів у сфері штучного інтелекту та його стану в Україні, в Стратегії сформульовано та детально розглянуто основні напрями впровадження штучного інтелекту в безпеку та оборону держави, медичне забезпечення громадян, промисловість та сільське господарство, транспорт та інфраструктуру, телекомунікаційну галузь, які є базовими чинниками економічного та суспільного розвитку країни. У Стратегії також окреслено шляхи та умови її реалізації, які спираються на вдосконалення системи освіти з підготовки фахівців у напрямі штучного інтелекту як чинника кадрового забезпечення.

Стратегія пройшла широке обговорення у колі науковців та фахівців державного управління та промисловості, детально розглядалася на численних науково-практичних конференціях, що є важливим чинником її обґрунтованості та зваженості. Прийняття Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 - 2030), безумовно, стане гідною відповіддю на виклики сьогодення та буде сприяти посиленню позицій України як у технологічному, так і політичному та соціальному плані.

Kazymyr V.

Professor of the Department of Information and Computer Systems,
Chernihiv Polytechnic National University,
Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology,
Laureate of the State Prize of Ukraine in Education,
Honored Science and Technology Figure of Ukraine
Doctor of Technical Sciences.

The new era of technology, which came in 21st century due to the rapid development of information technology, is based on cyber-physical systems. Nowadays, the physical world is merging with the digital world, forming a single digital ecosystem.

The key success factor of a campaign is the introduction of the intelligent manufacturing system with artificial intelligence.

However, the use of these systems goes far beyond Industry 4.0, addressing the problems of general scientific, social and legal aspects of the development of artificial intelligence. Consequently, the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine is extremely important.

The proposed strategy corresponds to the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine, approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on December 2, 2020, № 1556-p. It brings about key measures for the implementation of this Concept, providing clear guidelines for their implementation by 2030.

The essential point of the Strategy is its focus on ensuring the creation of breakthrough technologies, identifying priority areas for the development of artificial intelligence in Ukraine. Based on the analysis of global experience, standards in the field of artificial intelligence and its state in Ukraine, the Strategy formulates and considers the main directions of introduction of artificial intelligence in security and

defense, healthcare, industry and agriculture, transport, and infrastructure, telecommunications, which are the basic factors of economic and social development of the country.

The Strategy also outlines the ways and conditions of its implementation, which are based on the improvement of the education system for the training of artificial intelligence specialists as a factor of recruitment.

The Strategy has been widely discussed by scientists and experts, both public administration and industry, and has also been discussed thoroughly at numerous scientific and practical conferences, which is an important factor in its validity. The adoption of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) will undoubtedly be a decent response to current challenges and will help strengthen Ukraine's position in technological, political, and social sectors.

Купін А. І.

Завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж
Криворізького національного університету (Дніпропетровська область),
доктор технічних наук, професор.

Актуальність і важливість створення Стратегії розвитку штучного інтелекту для України підтверджується необхідністю забезпечення у перспективі конкурентоздатності національної економіки, безпеки та оборони держави, здійснення новітніх наукових досліджень і створення проривних технологій (зокрема в межах напрямів Industry 4.0/5.0, Суспільство 5.0 тощо), розвитку сфери освіти з метою подолання зазначених викликів як мінімум у першій половині ХХІ сторіччя.

Науковою новизною проєкту слід уважати насамперед перспективу розробки технологій штучної свідомості та створення відповідних обчислювальних машин і систем, програмних засобів, які забезпечать вирішення поставлених інтелектуальних завдань і нададуть суттєві конкурентні переваги Україні в сучасному високотехнологічному світі.

Варто особливо зазначити, що цей документ дуже чітко визначає сфери проривних технологій, що можливо реалізувати саме в Україні. Для цього в нашій країні є відповідний науково-технічний і виробничий потенціал. Обмеження сфер дозволить країні сконцентрувати необхідні ресурси та/або скооперувати зусилля з розвинутими країнами світу.

Прикладну реалізацію отриманих на основі виконання цієї стратегії наукових результатів у національне виробництво та міжнародний ринок досить добре сформульовано та деталізовано. Це, зокрема, було підтверджено низкою провідних національних і міжнародних зацікавлених сторін, які брали активну участь в обговоренні документа.

Наша країна традиційно має достатній кадровий, науковий, інженерний потенціал для створення обчислювальних машин зі штучним інтелектом. Тому, незважаючи на певну технологічну нашу «відсталість» від розвинутих країн світу, за умови достатнього фінансування та/або міжнародної кооперації, всі задекларовані цілі можна досягнути.

Також вважаю повністю доречним обрання у даній стратегії саме мозку людини (особистості, свідомості й інтелекту) як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом.

На підставі усього вищезазначеного висловлюю свою особисту підтримку Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030).

Наукові школи Криворізького національного університету вже зараз готові працювати у напрямі реалізації цієї стратегії, зокрема, у гірничо-металургійному комплексі України.

Kupin A.

Head of the Department of Computer Systems and Networks,
Kryvyj Rih National University,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

The relevance and importance of building a strategy is proved by the necessity to ensure future competitiveness of the national economy, security and defence of the state, integration of the latest scientific research, and development of breakthrough technologies (in particular within the Industry 4.0/5.0, Society 5.0, etc.), development of the education system to tackle these challenges at least in the first half of the twenty-first century.

The prospect of developing breakthrough technologies of artificial consciousness, relevant computers and systems, software tools that will ensure the solution of the set of problems and provide significant competitive advantages to Ukraine in the modern high-tech world should be considered a scientific novelty of the project.

It should be noted that this document clearly defines the directions of breakthrough technologies that could be introduced in Ukraine. To this end, our country possesses the relevant scientific and manufacturing potential. Predetermined number of sectors would allow the country to concentrate the necessary resources and / or cooperate with developed countries of the world. The applied implementation of scientific results obtained on the basis of the integration of this strategy into national manufacturing sector and the international market is quite well formulated and detailed. It was confirmed by a number of leading national and international stakeholders who actively participated in the discussion of the strategic plan.

Ukraine has ample workforce, scientific and engineering potential to create computing machines with artificial intelligence. Therefore, despite some technological backwardness, as long as funding and/or international cooperation is provided, all declared goals may be accomplished.

Moreover, it is quite reasonable to select the human brain (personality, consciousness and intelligence) as a functional prototype for the creation of AI-powered computer.

Considering the above-mentioned statements, I express my personal support for implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

Scientific schools of the of the Kryvyi Rih National University are eager to work so that Strategy is implemented, in particular in the metallurgical and mining industry of Ukraine.

Малярєць Л. М.

Завідувач кафедри вищої математики і економіко-математичних методів Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, доктор економічних наук, професор.

У сучасних складних соціально-економічних умовах життєдіяльності людини всіх країн світу стратегія розвитку штучного інтелекту має важливе значення для національної економіки та суспільства в цілому, а отже потребує пильної уваги і напрацювань учених. Про важливість і необхідність удосконалення системи управління у всіх сферах діяльності постійно наголошують у своїх доповідях експерти Світового банку, а також провідні фахівці Міністерств і відомств України. Тому розробка технологій штучного інтелекту не тільки підвищить рівень сучасних досліджень в Україні, її конкурентоспроможність на світових ринках, але й забезпечить перехід на принципово новий рівень розвитку національного господарства та його управління. Пропозиції щодо створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом є актуальними і відповідають найсучаснішим напрямкам розвитку науки і практики в світі. Абсолютно новим напрямом в інформаційних технологіях є обрання мозку людини, зокрема свідомості й інтелекту, як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом. Слід зазначити, що в Україні наявний достатній кадровий науковий потенціал, який спроможний створити обчислювальну машину зі штучним інтелектом за умови відповідного фінансування. Пропозиції щодо визначення сфери проривних технологій в Україні підтримую, а також підтримую Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) в цілому.

Malyarets L.

Head of the Departments of Higher Mathematics,
Economic and Mathematical Methods,
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
Doctor of Economics, Professor.

In the midst of challenging socio-economic conditions in all countries of the world, the artificial intelligence development strategy is crucial for the national economy and for the society in general. Scientists should pay close attention to the strategy and put a lot of work into it. The importance and necessity to improve the management system in all areas of activity is emphasized in the reports of the World Bank experts, as well as leading experts of ministries and departments of Ukraine.

Therefore, the development of an artificial intelligence system would not only improve emerging technologies in Ukraine, the ability of a country to compete

effectively in global markets, but also ensure the transition to a fundamentally new level of development of the national economy and its management. The proposed creation of a computer with artificial intelligence is new and it corresponds to the latest trends in global science and practical science. The human brain, in particular consciousness and intelligence, became a functional prototype for the creation of a computer with artificial intelligence, and it opens up a whole new direction of information technologies. It should be noted that Ukraine has an adequate scientific potential, which allows creation of the computer with artificial intelligence, as long as the appropriate funding is available. I express my support towards the proposals on defining the field of breakthrough technologies in Ukraine and the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

Панкратова Н. Д.

Заступник директора з наукової роботи Навчально-наукового Інституту прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри математичних методів системного аналізу ІІСА, член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, лауреат премії імені В. М. Глушкова.

На цей час наукова громадськість приділяє велику увагу штучному інтелекту. Результатом цього стала поява великої кількості публікацій, проведення конференцій і симпозіумів, присвячених проблемам ШІ. Уряди багатьох держав включили ШІ в пріоритетний список інновацій, вважаючи їх критично важливими для захисту національних інтересів. Спочатку це був уряд Обами (США, 2008 рік), потім низка європейських урядів. Уряди розвинених країн включають проблеми, пов'язані з іноземними інвестиціями, в пріоритетний список інновацій, вважаючи їх критично важливими для захисту своїх національних інтересів. Такі системи дозволять провідним державам усунути нинішню залежність і забезпечити собі реальну самостійність. Загальновизнано, що створення комп'ютерів, що забезпечують громадськість інформацією будь-якої природи, суттєво змінило життя людини інформаційно, а ШІ має величезні можливості для поліпшення якості життя суспільства – зробити життя людей простішим і підвищити його якість, а також всієї інфраструктури для транспорту, телекомунікацій, охорони здоров'я, освіти і под. Усе це підтверджує актуальність і важливість створення стратегії розвитку штучного інтелекту для України.

Наукова новизна полягає у такому. У Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) запропоновано створення наукомісткого продукту у вигляді обчислювальної машини зі штучним інтелектом, підґрунтям якого може бути «Функціональна схема штучної особистості зі штучним інтелектом». Запропоновано надання цілеспрямованого характеру участі українських учених у вітчизняних і міжнародних проєктах, грантах і програмах, що є близькими до складових частин зазначеного проєкту. Для цього планується проводити

постійний моніторинг вітчизняних та іноземних проєктів, грантів і програм, результати яких можна використати для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом, надаючи цим проєктам пріоритет для виконання. Розроблені окремо складові частини обчислювальної машини зі штучним інтелектом, оформлені як інтелектуальна власність, збираються в один наукомісткий продукт.

Кадровий науковий потенціал України цілком спроможний створити обчислювальну машину зі штучним інтелектом за достатнього фінансування.

Поняття штучного інтелекту поширилося у всіх сферах науки і проникло в повсякденне мислення, в розмовну мову і засоби масових комунікацій. Результатом цього стало не тільки поява величезної кількості публікацій, конференцій і симпозіумів, а й різне, часом неоднозначне, розуміння і тлумачення таких основних понять, як «інтелект», «штучний інтелект», «інтелект людини» тощо.

Така ж ситуація зберігається і зараз. Як і раніше, виявляються істотні різночитання і розбіжності в трактуванні багатьох практично важливих понять і означень, що характерно навіть для тих авторів, які безпосередньо беруть участь у системних дослідженнях або є прихильниками штучного інтелекту. Відсутність загальноприйнятого розуміння багатьох ключових положень і проблем ШІ, зокрема сутності та специфіки відповідних досліджень, їх спрямованості та місця в сучасній науці, а також невисокі потенційні можливості і непереборні обмеження різних підходів і методів ШІ, різноманітність їх застосування в співвідношенні з методологіями інших дисциплін свідчить, що процес формування штучного інтелекту як наукової дисципліни ще не завершений, його напрями остаточно не сформувалися. Це обґрунтовує необхідність доопрацювати основні ключові означення, такі як «інтелект», «штучний інтелект», «інтелект людини» та ін.

Наприклад, пропоную ввести таке означення. Інтелект людини – це сукупність властивостей слабкоструктурованої неформалізованої системи, що визначають її функціонування, мету, навчання, самонавчання, планування, адаптацію тощо. Ці властивості можна розглядати у вигляді алгоритму розв’язання творчих завдань, створених і контрольованих свідомістю людини.

Незважаючи на наведене зауваження, слід зазначити, що Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) доцільно ПІДТРИМАТИ.

Pankratova N.

Deputy Director for Scientific Work, Educational and Scientific Institute for Applied Systems Analysis, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (IASA), Professor at the Department of Mathematical Methods of System Analysis of IASA, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Laureate of V.M. Glushkov Prize.

The scientific community have become concerned about artificial intelligence (AI) nowadays. It results in multiple publications, conferences, and symposia. The governments of many countries have included AI in the priority list as one of the top innovations, considering them to be crucial for the enforcement of national interests. It was first done by the President Barack Obama's administration (USA, 2008), then by the governments of many European countries, which included AI in their national priority list.

Developed countries include issues related to foreign investment in the priority list of innovations, considering them to be essential for the protection of their national interests. That kind of systems will allow the leading states to eliminate current dependence and ensure real independence. It is widely recognized that the creation of computers that provide public with any information has significantly changed the information world of a human, and AI has a great potential to improve the quality of life – it could make people's lives easier and improve the quality of life, as well as transform the entire transport infrastructure, telecommunications, healthcare, education, etc. These statements prove the relevance and importance of implementation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

The Strategy is of scientific novelty, and here is why. The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) puts forward the creation of an innovative product, which is a computer with artificial intelligence, that could be based on the “Functional diagram of the artificial personality with artificial intelligence” created in Ukraine. It is proposed to ensure the involvement of Ukrainian scientists in national and international projects, grants and programs, which correspond to the components of this project. To this end, it is planned to constantly keep national and foreign projects, grants and programs under observation, the results of which can be applied to create AI-powered computer, giving these projects priority for implementation. Separately developed components of AI-powered computer are designed as intellectual property, assembled into single innovative product.

The Ukrainian scientific potential is rather high for the creation of AI-powered computer as long as there are enough funds.

The concept of “Artificial Intelligence” has spread in all fields of science and penetrated into common thinking, spoken language and the media. It resulted not only in the emergence of countless publications, conferences, symposia, but also in various, sometimes ambiguous, perceptions and interpretations of such basic concepts as “Intelligence”, “Artificial Intelligence”, “Human Intelligence”, etc.

Nothing has changed. There are significant differences and controversies in the interpretation of many practically important concepts and definitions, which is typical even for those authors, who are directly involved in systems research, or who are the passionate advocates of the Artificial Intelligence. The lack of general understanding of many key terms and challenges of Artificial Intelligence, including the nature and specifics of artificial research, their focus and role in modern science, as well as low potential and insurmountable limitations of different approaches and methods of Artificial Intelligence, diversity of their application in relation to methodologies of other disciplines indicate that the process of formation of Artificial Intelligence as a

scientific discipline is not yet complete, its directions have not been finally formed. It gives grounds for the improvement of key definitions, such as “Intelligence”, “Artificial Intelligence”, “Human Intelligence”, etc.

For instance, I suggest to introduce the following definition. Human Intelligence is a set of properties of a weakly structured informal system, which determine its functioning, purpose, learning, self-learning, planning, adaptation, etc. These properties could be considered as an algorithm for solving creative challenges posed and controlled by human consciousness.

Despite the abovementioned remarks, it should be noted that the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030) should be APPROVED.

Рамазанов С. К.

Професор кафедри «Інформаційні системи в економіці»

Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана, доктор технічних наук, доктор економічних наук, Відмінник освіти України, почесний професор Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м.Київ) і Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Заслужений діяч науки і техніки України.

«Навряд чи можна сумніватися, що в майбутньому усе більш і більш значна частина закономірностей навколишнього світу буде пізнаватися і використовуватися автоматичними помічниками людини. Але настільки ж безсумнівно і те, що усе найбільш важливе в процесах мислення і пізнання завжди буде належати людині. Справедливість цього висновку обумовлена історично.

...Людство не є простою сумою людей. Інтелектуальна і фізична міць людства визначається не тільки сумою людських м'язів і мозку, але і всіма створеними ним матеріальними і духовними цінностями. У цьому розумінні ніяка машина і ніяка сукупність машин, що є у кінцевому рахунку продуктом колективної діяльності людей, не можуть бути «розумнішими» за людство в цілому, тому що при такому порівнянні на ваги з одного боку кладеться машина, а з іншого — усе людство разом зі створеною ним технікою, що включає, зрозуміло, і машину, яка розглядалася.

Слід зазначити також, що людині історично завжди буде належати остаточна оцінка інтелектуальних, так само як і матеріальних, цінностей, у тому числі і тих цінностей, що створюються машинами, так що й у цьому розумінні машина ніколи не зможе перевершити людину.

Таким чином, можна зробити висновок, що в суто інформаційному плані кібернетичні машини не тільки можуть, але й обов'язково повинні перевершити людину, а в ряді поки ще відносно вузьких галузей вони роблять це вже сьогодні. Але в плані соціально-історичному ці машини є і завжди залишаться не більш ніж помічниками і знаряддями людини».

Академік В. М. Глушков

«Про «інтелектуальні» можливості штучного інтелекту».

Вступ. Штучний інтелект – це наукові знання і технологія створення інтелектуальних машин, програм, сервісів, додатків тощо. Він дає можливість техніці виконувати функції, які вважаються прерогативою людини.

На думку топ-менеджерів великих гравців ринку, у найближчі роки ШІ стане єдиним і найкращим інструментом для просування та розвитку продуктів і послуг. За даними аналітичного моделювання, ШІ може здійснити додатковий внесок у щорічне зростання ВВП на 1,2 % протягом як мінімум наступного десятиріччя. У цілому, до 2030 року ШІ може забезпечити додаткову глобальну економічну активність у розмірі 13 трлн дол., що зумовить збільшення його повсюдного внеску в усі галузі поряд із упровадженням інших перетворювальних технологій. Станом на сьогодні ШІ вносить у світовий ВВП 1 трлн доларів. Аналітики також припускають, що близько 70% компаній у всьому світі приймуть принаймні одну форму ШІ до 2030 року в рамках масштабування своєї діяльності, а значна частина великих підприємств буде використовувати повний спектр наявних інновацій для посилення діючих напрямів бізнесу.

Сьогодні є проблеми, що стримують розвиток ШІ в Україні. Це: відсутність чіткої стратегії розвитку ШІ, вітчизняної інфраструктури для його роботи і слабка поінформованість бізнесу про фундаментальні наукові розробки в галузі ШІ, недостатній для впровадження ШІ рівень цифровізації компаній, відсутність налагодженої на високому рівні роботи з даними, а також неправильне розуміння керівництвом певних аспектів упровадження в компанії ШІ.

Загалом, урядовим структурам необхідно оперативно приймати рішення, які дадуть їм змогу йти в ногу з процесами у сфері ШІ і впливати на еволюцію технологій ШІ.

Особливу увагу варто приділити розробці стратегій, програм, законів та інструментів регулювання сфери ШІ, що дасть змогу вирішувати соціогуманітарні, правові й морально-етичні проблеми; питанням підготовки кадрів, що мають необхідну кваліфікацію, а також інвестиційній стратегії та фінансуванню відповідних розробок.

Важливо також підкреслити, що штучний інтелект є одним з основних чинників у досягненні цілей зі стійкого розвитку (*відзначених 17 цілей ООН*).

Актуальність і важливість створення стратегії. Все вищезазначене є підставою важливості й актуальності розробки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030).

Перехід до передових цифрових, інтелектуальних і виробничих технологій, до роботизованих та механотропних систем, індустріальних інтернет–речей, нових матеріалів і способів конструювання, створення систем аналізу великих обсягів даних, машинного навчання і штучного інтелекту в цілому є найважливішими проблемами в епоху Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Нам сьогодні для стійкого і безпечного розвитку потрібні нові наукові дослідження, інтелектуальні інформаційні та інноваційні технології та системи, зокрема, системи і технології штучного інтелекту.

Наукова новизна проєкту. У сучасному нестабільному світі науковий напрям ШІ має ґрунтуватися на фундаментальних і системних міждисциплінарних наукових розробках і методологіях з урахуванням багатьох нових викликів. Системи ШІ є нелінійними, складними й такими, що розвиваються. Тому наше означення ШІ, принципи та критерії синтезу систем ШІ багато в чому спираються на сучасні фундаментальні та інші дослідження і є уточнюючими, перспективними. Технології та системи штучного інтелекту повинні проєктуватися і конструюватися на базі таких підсистем і компонентів: наукові основи, фундаментальні дослідження та математичне забезпечення; технічне (апаратне) і технологічне забезпечення; системи, платформи й інструментарій програмного забезпечення; соціально-гуманітарне (морально-етичне, культурно-освітнє, філософське і правове) забезпечення.

У цьому документі запропоновано для виконання глобальну науково-технічну стратегію зі створення обчислювальної машини наступного покоління – штучної особистості зі штучним інтелектом. Для реалізації цієї стратегії пропонується використати знання, які вже отримані під час досліджень природного інтелекту людини. Знання щодо функціональних, психологічних, нейробіологічних, хімічних схем роботи мозку людини доцільно покласти в основу алгоритму побудови універсальної обчислювальної машини зі штучним інтелектом.

Відомо, що природний інтелект є засобом оцінки діяльності свідомості людини, а еволюцію свідомості українські науковці вже здатні формалізувати математично. Тобто необхідним кроком у створенні штучного інтелекту є створення штучної свідомості, яка контролює процес прийняття рішень у розв'язанні поставлених завдань згідно з отриманим досвідом та законами й правилами життєдіяльності людини, зокрема духовно-моральними цінностями людства.

Пропозиції щодо визначення сфери проривних технологій в Україні. Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) створено з урахуванням наявних наукових структур у цій галузі, високого загального освітнього рівня громадян і водночас обмежених фінансових ресурсів. Інформація, отримана від різних міністерств і установ, зокрема у сферах безпеки, оборони, науки, освіти, різних індустрій, маркетингу, логістики свідчить, що без упровадження систем штучного інтелекту їхній подальший розвиток не буде ефективним. Визначено шлях створення проривних технологій у конкретних сферах діяльності та індустріях України, зокрема у сфері науки та освіти. Проведено аналіз наявних результатів фундаментальних, прикладних і експериментальних досліджень стосовно штучного інтелекту, що забезпечать створення проривних технологій.

Ми – сучасники зміни парадигми розвитку науки від вузькоспеціалізованого знання і галузевої економіки до злиття наук і конвергенції технологій. Сьогодні виник новий науково-технологічний уклад, заснований на інтеграції: нано-, біо-, інформаційних, когнітивних і соціогуманітарних (НБІК ⊕ СГ) наук і технологій. Відзначимо, що стратегічна мета НБІК ⊕ СГ-конвергенції – це створення

антропоморфних технічних систем, конструкційно подібних до створюваних живою природою (принцип природоподібності).

Отже, головним науково-технологічним рушійним чинником у XXI столітті стане розвиток таких надтехнологій: штучний інтелект, нанотехнології, біомедичні технології, когнітивні технології і соціогуманітарні технології. Більш конкретно – це сучасний розвиток інноваційних технологій: «НБІК ⊕ СГ». Тому потрібно відзначити важливість урахування принципу $I^2K^2+СГ$, тобто: інтелектуалізація, інтеграція, конвергенція, коеволюція і соціально-гуманітарні технології.

Важливим і необхідним є облік сучасних принципів проектування стійкої та безпечної системи ШІ і вирішення проблеми гармонізації між двома світами: реального і віртуального, особливо при їх гармонічній гібридизації.

Відомий на сьогодні документ «*Керівні вказівки з питань етики для довіреного штучного інтелекту*» (Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence), опублікований 8 квітня 2019 року, можна розглядати як основу політики ЄС у сфері ШІ, в якому експерти представили своє бачення етичних принципів довіри штучному інтелекту. У цьому документі *системи штучного інтелекту* розглядаються як технічні системи, здатні опрацьовувати інформацію способом, який нагадує розумну поведінку, що зазвичай включає такі аспекти, як навчання, розпізнавання, прогнозування, планування або контроль. Інтелектуальні системи розглянуто таким чином.

По-перше, системи ШІ характеризуються використанням моделей і алгоритмів, що забезпечують здатність навчатися і розв'язувати когнітивні завдання, такі як формулювання рекомендацій або ухвалення рішень у реальному та віртуальному середовищах. Інтелектуальні системи здатні функціонувати з різною мірою автономності шляхом моделювання знань і представлення отриманих результатів, а також використання даних і розрахунку кореляційних залежностей. ШІ-системи використовують декілька підходів і технологій, у тому числі: самонавчання системи, що включає глибоке навчання і навчання з підкріпленням; автоматизоване міркування, яке включає планування, диспетчеризацію, представлення знань, пошук і оптимізацію; кіберфізичні системи, у тому числі Інтернет речей і робототехніка, функції контролю та розпізнавання.

По-друге, разом з аспектами етичного характеру, подібними до тих, які виникають у рамках застосування будь-якої технології, системи штучного інтелекту ставлять перед людством питання нового типу. Деякі з них зумовлені тим, що інтелектуальні системи виявилися спроможними робити те, що раніше було під силу тільки живим істотам, а у ряді випадків тільки людині. Ці особливості дозволили покласти на ШІ-системи нові серйозні завдання щодо забезпечення життєдіяльності людини та суспільства. Якщо спробувати зазирнути далі, то в довгостроковій перспективі системи ШІ зможуть змагатися з людиною з погляду своєї здатності осмислити людський досвід і змоделювати людську свідомість, що породжує додаткові запитання стосовно реальної самостійності, унікальності та величі людини, хоча на сьогодні питання поки так не стоїть.

По-третє, попри те, що пов'язані з ШІ проблеми етичного характеру стосуються переважно конкретної дії ШІ-систем на людину і людське суспільство, існує й інший комплекс етичних питань, які належать до взаємодії людини з інтелектуальними системами, а також до можливих наслідків щодо сприйняття нами як технологій, так і самої людини, які така взаємодія може спричинити. Документ визнає, що обидва різновиди етичних питань тісно взаємопов'язані і є невід'ємними компонентами етичного підходу до ШІ.

Розвиток штучного інтелекту впливає на культурну самобутність і різноманіття культур. ШІ здатний позитивно впливати на індустрію культури й творчості, проте може стати чинником концентрації виробництва культурного контенту, даних і, отже, доходів у руках дуже обмеженого кола учасників ринку, що потенційно негативно відіб'ється на різноманітності форм культурного самовираження і забезпеченні принципу рівності.

Таким чином, нам сьогодні потрібні інтелектуальні інформаційні та інноваційні технології та системи, зокрема системи і технології штучного інтелекту.

Пропозиції щодо впровадження схеми (ланцюга) наукових результатів у виробництво та ринок. Підтримую запропоновані у Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) схеми реалізації наукових, прикладних, експериментальних досліджень для упровадження створених і наявних нових технологій для різних індустрій, відтворення виробництва, створення готової продукції.

Спроможність кадрового наукового потенціалу України щодо створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом за достатнього фінансування.

Розроблені окремо складові частини обчислювальної машини зі штучним інтелектом, оформлені як інтелектуальна власність, збирають в один наукомісткий продукт. Для збереження кадрового потенціалу в державі українським ученим доцільно також брати участь і в інших міжнародних проєктах, що фінансуються з-за кордону і не пов'язані з глобальним проєктом.

Використання міжнародного досвіду в дослідженнях, де бере участь велика кількість науковців з різних установ, міністерств, закладів вищої освіти, академій, має відбуватися з одного координаційного науково-освітнього центру. Такий центр потрібно створити в Україні. Водночас держава має створити цілісну систему забезпечення розробок і впровадження ШІ у виробництво товарів і послуг із торгівельною маркою «Створено в Україні». У наукових установах і закладах вищої освіти України створено низку наукових шкіл, що досліджують сферу ШІ. Цей напрям є основним для Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України.

Важливо забезпечити реалізацію завдань Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) за рахунок кваліфікованих кадрів, що потребує таких заходів:

- розробка нормативно-правової бази підготовки фахівців у галузі ШІ шляхом запровадження відповідних освітніх модулів та програм на усіх рівнях освіти;

- розробка та запровадження механізмів стимулювання здобуття фахової підготовки з проблематики ШІ у закладах вищої освіти та провадження наукової діяльності у цій сфері;
- заохочення талановитої молоді та підтримка молодих учених у науковій діяльності з розробки та впровадження ШІ;
- формування лабораторної бази в університетах та наукових установах для навчання студентів і проведення досліджень у сфері ШІ;
- залучення науковців та освітян до міжнародних проєктів за напрямками ШІ, в тому числі в програмах Еразмус+, DAAD і Горизонт-Європа;
- підвищення якості природничої освіти, її інтеграція з соціально-гуманітарною освітою, зокрема шляхом започаткування програм заохочення та грантів для закладів освіти всіх рівнів з акцентом на природничі, математичні, комп'ютерні, інформаційні науки та математичну лінгвістику;
- фінансування державою створення безплатних курсів (online) українською мовою зі штучного інтелекту для таких платформ, як Prometheus, Coursera та UdeMI, в тому числі розрахованих на підліткову аудиторію;
- збільшення бюджетних місць для навчання за напрямом ШІ;
- залучення до вивчення проблеми ШІ провідних фахівців і вчених, які досліджують природний інтелект і функції природних нейронних мереж – нейробіологів, медиків, когнітивних психологів, біхевіористів, психіатрів, правників;
- законодавче стимулювання роботодавців до заходів, спрямованих на набуття співробітниками компетенцій в області штучного інтелекту і в суміжних сферах його використання;
- запровадження механізмів стимулювання діяльності науковців та дослідників, що працюють у сфері ШІ, забезпечення їм гідних (на рівні світових) умов праці;
- формування наукових шкіл з проблем ШІ в університетах і наукових установах України і спрямування їх роботи на впровадження досягнутих результатів;
- відкриття в секції фізико-технічних і математичних наук НАН України окремого відділення штучного інтелекту;
- створення умов для повернення на батьківщину провідних українських науковців та фахівців в галузі ШІ, які проживають і працюють за кордоном.

До 2030 року в Україні потрібно реалізувати освітні програми світового рівня для підготовки висококваліфікованих фахівців і керівників у сфері штучного інтелекту. Українські освітні організації мусять займати провідні позиції в світі за окремими напрямками в галузі штучного інтелекту. Дефіцит фахівців цієї галузі потрібно усунути, в тому числі за рахунок залучення провідних іноземних фахівців, які мають учений ступінь.

Вважаю проведення досліджень функціонування мозку і розробку систем моделювання мислення важливими завданнями, тому обрання мозку людини, зокрема свідомості й інтелекту як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом є доцільним.

Загальний висновок. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023-2030) є архіактуальною, має міжнародну наукову новизну і практичну цінність для стійкого і безпечного розвитку країни. Повністю її підтримую і бажаю якнайшвидшого прийняття владою України.

Ramazanov S.

Professor at the Economics Information Systems Department,
Kyjiv National Economic University named after Vadym Ghetjman,
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
Honorary Professor of the Eastern-Ukrainian National University after Volodymyr Dalj and the Poltava University of Economics and Trade,
Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economics, Professor.

“There could hardly be any doubt that in the future the considerable part of the laws of our world would be comprehended and employed by automatic human assistants. However, it is undeniable that all of the essential attributes of thinking and cognition processes would always be inherent in human. Our history proves the validity of this statement.

... Humanity is not a mere bunch of people. The intellectual and physical power of mankind is determined not only by human muscles and brain, but also by all the material and spiritual values created by humans. From this perspective, no machine and no set of machines, which is ultimately the product of the collective activity of the people, could be “more intelligent” than humanity as a whole, because with such a comparison, a machine is placed in one pan of the scale, and in the other pan there is the whole humanity in conjunction with the machines created by it, which, naturally, include the machine in question.

It should also be noted that historically, humans will always have a final assessment of intellectual, as well as material, values, including those values that are created by machines, so in this sense the machine could never surpass humans.

Thus, we can conclude that in purely informational terms, cybernetic machines not only can, but must necessarily surpass a person, and in a number of still relatively narrow industries they do it today. However, from the socio-historical perspective, these machines are and always will remain nothing more than human assistants and tools.”

Academician V.M. Ghlushkov

«On the “intelligent” capabilities of artificial intelligence».

Introduction. Artificial intelligence (AI) is scientific knowledge and technology concerned with building intelligent machines, programs, services, applications, etc. It enables machines to perform tasks commonly associated with human beings.

According to top-level managers of the largest companies, AI will become the best tool for promoting and developing products and services over the next few years. Artificial intelligence could contribute an additional 1.2 percent to annual gross domestic product growth for at least the next decade, according to a simulation from McKinsey Global Institute. Overall, AI could deliver \$13 trillion in additional global

economic activity by 2030, putting its contributions to growth on par with the introduction of other transformative technologies. Nowadays, AI contributes US\$1 trillion to the global economy. Analysts expect about 70% of companies to adopt at least one form of AI by 2030, and a lot of large companies to use a full range of technologies to strengthen their businesses.

Nowadays, several challenges hinder the development of AI in Ukraine, namely: lack of clear AI strategy; infrastructure issues slowing the adoption of AI; lack of awareness of fundamental AI advancements among businesses; low level of digitalization of the companies slowing the adoption of AI; uncoordinated processing of data; lack of understanding of certain aspects of AI adoption among managers of the companies.

Essentially, government agencies have to make quick decisions that would enable them to keep up with AI processes and influence the evolution of AI technologies.

Particular attention should be paid to the development of strategies, programs, laws, and tools for regulating the field of AI, which would allow for solving socio-humanitarian, legal, moral and ethical problems; issues of training professionals with the necessary qualifications, as well as investment strategy and financing of relevant developments.

It is also important to emphasize that Artificial Intelligence is one of the main factors in achieving sustainable development goals (The Sustainable Development Goals (SDGs)).

Relevance and importance of the strategy. The abovementioned statements serve as evidence of the relevance of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

Transition to advanced digital technology, intelligent manufacturing technology, robotic and mechatronic systems, the Industrial Internet of Things (IIoT), new facts and methods of software construction, big data processing systems, machine learning, and artificial intelligence is a key challenge in the era of Industry 4.0 and Industry 5.0.

Nowadays, safe and sustainable development requires new scientific research, intelligent technologies and systems, information technology, and innovations, in particular AI systems and technologies.

Scientific novelty. In the unstable contemporary world, AI research and development should be based upon fundamental and systematic interdisciplinary scientific developments and methodologies, considering new challenges. AI systems are nonlinear, complex, and constantly advancing. Therefore, our definition of AI, principles, and criteria for the synthesis of AI systems rests on modern fundamental research and other types of scientific research; they are clarifying and promising. AI technologies and systems should be designed and built on the basis of the following subsystems and components: scientific foundations, fundamental research, and software; hardware and technical support; software systems, platforms, and tools; social component (morality and ethics, culture, education, philosophy, and legitimacy).

This document puts forward a global scientific and technical project to create a next-generation computer – an artificial personality with artificial intelligence. To this end, it is proposed to use the knowledge obtained from studying human intelligence. Knowledge of functional, psychological, neurobiological, and chemical schemes of the human brain should be the basis of the algorithm for building a universal computer with artificial intelligence.

It is known that natural intelligence is a measure of human consciousness. Ukrainian scientists are already able to mathematically formalize the evolution of consciousness. Therefore, the essential step to build AI is to design artificial consciousness, which drives the decision-making process, in accordance with the knowledge, laws, and rules of humanity, in particular spiritual and moral values.

Proposals for shaping the areas of breakthrough technologies in Ukraine. The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) was created taking into account the existing scientific structures in this field, highly educated citizens, and yet limited financial resources. Information received from various ministries and institutions, in particular in the sectors of security, defense, science, education, various industries, marketing, and logistics, demonstrates that without the introduction of artificial intelligence systems, further development of these sectors would not be effective. The approach to the development of breakthrough technologies in specific sectors and industries of Ukraine, in particular in the field of science and education, has been determined. The analysis of the available findings of fundamental, applied and experimental research on AI, which would ensure the development of breakthrough technologies has been completed.

Contemporary science is going through a paradigm shift: from field-specific knowledge and sectoral composition of economy to fusion of sciences and convergence of technologies. Nowadays, a new scientific and technological structure has arisen based upon the integration of nano-, bio-, information, cognitive, and human sciences and technologies. It is worth noting that the strategic goal of convergence is the creation of bio-inspired anthropomorphic technical systems (principles of biology and the natural world).

Supertechnologies will become a key driving force of sustainable development in the 21st century: artificial intelligence, nanotechnology, biotechnology, media technologies, cognitive technologies, and human science technologies. Specifically, it is a contemporary development of innovative technologies. Therefore, the principle of intellectualization, integration, convergence, coevolution, and human science technologies should be integrated.

It is essential to consider modern principles of AI sustainability and safety AI; and the concept of physical world and digital world harmonization, taking their harmonious hybridization into account.

In the EU's Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence, published on April 8, 2019, which may be considered as the basis of the EU's AI policy, experts formulated ethics principles for trustworthy AI. In this document artificial intelligence systems are viewed as technical systems capable of processing information in a way resembling the operation of human intelligence, which typically includes such aspects as learning, recognition, forecasting, planning, and control.

First of all, AI systems are characterized by the use of models and algorithms that provide the ability to learn and solve cognitive problems such as formulating recommendations or decisions -making in a real and virtual environment. Intelligent systems are able to function with varying degrees of autonomy by modeling knowledge and presenting the results obtained, as well as using data and calculating correlation dependencies. AI systems use several approaches and technologies: self-learning of a system that includes deep learning and reinforcement learning; automated reasoning, which includes planning, dispatching, knowledge representation, search, and optimization; cyber-physical systems, in particular, the Internet of Things and robotics; control and recognition.

Moreover, along with aspects of an ethical nature similar to those that arise within the framework of the use of any technology, artificial intelligence systems pose new challenges. It is down to the intelligent systems that turned out to be able to perform tasks that only intelligent beings were capable of performing, in some instances exceptionally humans. These features have allowed putting new tasks to ensure the support for relationships between individuals and society. In the long run, artificial intelligence systems will be able to compete with humans in terms of their ability to comprehend human experience and mimic human consciousness, which poses additional issues about the actual independence, uniqueness, and greatness of a human being, although today that issue is not relevant.

Finally, despite the fact that artificial intelligence-related issues of an ethical nature mainly relate to the specific effect of AI systems on humans and society, there is another set of ethical issues that relate to human interaction with intelligent systems, as well as the possible consequences to which such interaction could lead. The Guidelines state that both types of ethical issues are closely interrelated and are integral components of an ethical approach to AI.

Artificial intelligence has an impact on the cultural identity and cultural diversity. AI could positively affects cultural and creative industries, however, on the other hand, it could lead to the concentration of production of cultural content, data, and, therefore, income in the hands of a very small group of market actors, which would potentially negatively affect the diversity of forms of cultural expression and guarantee of the principle of equality.

Thus, intelligent information and innovative technologies and systems, in particular, artificial intelligence systems and technologies are required in this day and age.

Proposals for the introduction of a scheme (chain) of scientific results in production and the market. I approve of the schemes proposed in the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) for the implementation of scientific, applied, experimental research for the introduction of new and existing technologies in various industries, economic reproduction, and production of goods.

The capacity of the workforce scientific potential of Ukraine to create a computer with artificial intelligence, as long as there is financial assistance provided.

Separately developed components of a computer with artificial intelligence, designed as intellectual property, are assembled into one high-tech product. To preserve human resources in the state, it is advisable for Ukrainian scientists to

participate in various international projects financed from abroad and not related to the global project.

The use of international experience in research, where a large number of scientists from different establishments, ministries, higher education institutions, academies take part, should be supervised by one coordinating scientific and educational center. Such a center should be created in Ukraine. Simultaneously, the state should create an integrated system for ensuring the development and implementation of AI in the production of goods and services with the trademark “Made in Ukraine”. A number of scientific schools have been established in scientific institutions and higher education institutions of Ukraine that study the field of AI. It is the principal direction of study for the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine, and the National Academy of Sciences of Ukraine.

It is important to ensure the fulfilment of the aims of the Strategy with the qualified employees as the main driving force, which requires the following measures:

- development of the regulatory framework for training qualified AI specialists by means of integration of educational modules and programs at all educational stages;
- development and adoption of mechanisms to stimulate professional training in AI field in higher education institutions and conduction of scientific activities in this area;
- support and encouragement of the talented youth and young scientists to participate in scientific activities for the development and integration of AI;
- setting up laboratories in universities and scientific institutions for training students and conducting research on AI;
- engaging scientists and educators in international AI projects, including Erasmus+, DAAD, and Horizon Europe;
- improving the quality of natural science education, and its integration with humanitarian education by launching encouraging programs and grants for educational institutions of all levels with a focus on natural, mathematical, computer, information sciences, and mathematical linguistics;
- allocating funds for the creation of free courses (online) in Ukrainian on artificial intelligence on platforms such as Prometheus, Coursera, and Udemi, including those designed for a teenage audience;
- increasing the number of AI study programs and state-funded places for students;
- engaging prominent experts and scientists who study the natural intelligence and functions of natural neural networks – neuroscientists, medical practitioners, cognitive psychologists, behaviorists, psychiatrists, lawyers;
- stimulating employers to take measures aimed at employees to acquire competencies in the field of artificial intelligence and in related areas of its application;

- introduction of mechanisms to stimulate the work of scientists and researchers working in the field of AI, providing them with decent (world-class) working conditions;
- establishment of scientific schools of AI problems in universities and scientific institutions, as well as directing their work to integrate the achieved results;
- setting up a separate department of artificial intelligence in the section of physical, technical and mathematical sciences of the NAS of Ukraine;
- creating conditions for prominent Ukrainian scientists and AI experts living and working abroad to come back to Ukraine.

By 2030, Ukraine needs to implement world-class educational programs to train highly qualified specialists and managers in the field of artificial intelligence. Ukrainian educational organizations should occupy global leading positions in certain areas in the field of artificial intelligence. The shortage of specialists in this field must be eliminated, in particular by attracting leading foreign specialists with a degree.

I consider conducting research on the functioning of the brain and developing cognitive modeling systems to be important tasks, therefore it is reasonable to select the human brain, in particular consciousness and intelligence, as a functional prototype for creation of the computer with artificial intelligence.

General conclusion. The project Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is archi-relevant, it has international scientific novelty and practical value for the sustainable and safe development of the country. I strongly endorse it and hope that the Ukrainian government will shortly approve this project.

Саченко А. О.

Науковий керівник Науково-дослідного інституту інтелектуальних комп'ютерних систем Західноукраїнського національного університету (м.Тернопіль) та Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (м.Київ), Голова міжнародних IEEE IDAACS конференцій з 2001, Головний редактор Міжнародного журналу «Комп'ютинг» з 2002. Заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор.

Цим листом ми хотіли би засвідчити нашу підтримку Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2023 – 2030 рр. Розроблена стратегія є важливим кроком залучення нашої країни до високотехнологічного процесу розвитку людства, який започаткували провідні індустріально розвинуті країни – США, Канада, Євросоюз, Китай, Японія та інші.

Розроблена стратегія, на нашу думку, є узагальненням і логічним продовженням Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні до 2030 року, яка була затверджена урядом України 2 грудня 2020 р. Вона визначає напрями і завдання на перспективний період, а також засоби для їх виконання і впровадження: методології, методи, моделі, алгоритми і програми. Актуальність і важливість створення такого документа для України є безумовною, розроблена стратегія сприятиме інтеграції інноваційних

технологій штучного інтелекту у пріоритетні сфери розвитку народного господарства: освіту, охоронау здоров'я, безпеку та оборону держави, провідні галузі промисловості, енергетику, транспорт, сільське господарство тощо. Окрім того, впровадження технологій штучного інтелекту сприятиме формуванню в Україні нового ринку для малого та середнього бізнесу зі створення та надання різноманітних послуг з інформаційних технологій і сервісів. Необхідно відзначити, що Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) побудована на системному підході з акцентом на фундаментальні дослідження, створення нових моделей штучного інтелекту та їх алгоритмічно-програмну та технологічну імплементацію.

Sachenko A.

Director of the Research Institute for Intelligent Computer Systems,
West Ukrainian National University,
Honored Inventor of Ukraine,
General Chairman of IEEE IDAACS,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

We would like to express our approval of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030). It was developed by the team of authors managed by the director of the Institute of Artificial Intelligence Problems. The Strategy is an important step toward our county's involvement in the development process launched by the leading countries such as the USA, Canada, the EU countries, Japan, China, etc.

We believe that the Strategy is a reasonable follow-up of the Concept for Artificial Intelligence Development in Ukraine, which was approved by the Government of Ukraine on December 2, 2020. It identifies areas and tasks, as well as means of execution: methods, research, development, and implementation.

The urgency and importance of creating such a document for Ukraine is unquestionable. The Strategy will promote the integration of innovative AI technologies in the priority areas of economic development: education, healthcare, security and defence, leading industries, energy sector, transportation and infrastructure, agriculture, etc. In addition, the introduction of AI technologies will contribute to the formation of a new market in Ukraine for small and medium-sized businesses to create and provide a variety of IT services. It should be noted that the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030) is based on a systematic approach with an emphasis on basic research, the creation of new AI models, their algorithmic, programmatic and technological implementation.

Слюсар В. І.

Головний науковий співробітник -
начальник групи головних наукових співробітників
Центрального науково-дослідного інституту
озброєння та військової техніки Збройних Сил України,
доктор технічних наук, професор,
Заслужений діяч науки і техніки України.

Тенденція до роботизації, що охопила різні сфери діяльності людства, особливо помітна у військовій сфері. Провідні країни світу докладають значних зусиль щодо оснащення військових підрозділів роботизованими системами різного призначення та підвищення ефективності їх бойового застосування. Досвід військово-технічного співробітництва з державами-членами НАТО та відповідними країнами-партнерами свідчить, що військові аналітики розглядають штучний інтелект як проривну технологію для розвитку спроможностей військ. Впровадження штучного інтелекту є важливим трендом у розвитку систем управління полем бою та озброєнням, у тому числі роботизованими платформами.

У сфері військового управління технології ШІ розглядають як важливе доповнення до людських ресурсів за цілим спектром напрямів, зокрема: розширення ситуаційної обізнаності та обмін даними; координація командування підрозділами; розподіл цілей; координація функціонування сенсорів і засобів ураження; виявлення та ідентифікація загроз, скорочення часу реакції на них; оцінка намірів; напівавтономний вибір зброї; робота з меншими ресурсами з частковим вилученням людини з процесу прийняття рішень тощо. В перспективі оптимальний вибір комбінації сенсорів і засобів ураження залежно від загроз має здійснюватися за допомогою штучного інтелекту, роль якого буде постійно зростати як при вирішенні завдань формування ситуаційного уявлення, так і підтримки прийняття рішень.

У 2017 – 2018 роках у НАТО розпочато процес вирішення завдань стандартизації ШІ і на цьому шляху вже пройдено кілька етапів. Перший з них стосувався термінологічних аспектів. Надалі стандартизація поширилася на можливі сфери військового застосування ШІ, внаслідок чого з'явився постійно зростаючий за кількістю документів кластер оперативних стандартів НАТО, в яких відображені різні аспекти ролі та місця засобів штучного інтелекту у тих чи інших місіях. Суттєво, що зазначені документи зі стандартизації вже охопили всі середовища ведення мультидоменних операцій – суходіл, повітря, морський та кібернетичний простори. Крім того, інтеграція відповідних нормативних положень щодо ШІ поступово поширюється на ключові складові оборонних потенціалів *DOTMLPFI* (англ. *Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability*), а саме: доктрини, організацію, тренування, матеріальне забезпечення, лідерство, персонал, засоби, взаємосумісність. На черзі – початок технічної стандартизації засобів штучного інтелекту, зокрема вимог з безпеки застосування ШІ в боєприпасних системах тощо.

Ці процеси свідчать про актуальність розробки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030), зокрема її розділу щодо сфери безпеки та оборони держави.

Внесені до вказаного розділу положення з урахуванням зауважень, висловлених під час обговорення документа, створюють підґрунтя для подолання відставання Збройних Сил України, що намітилося у сфері штучного інтелекту, та забезпечення обороноздатності держави в умовах зростання темпів науково-технічного прогресу.

У Стратегії забезпечено баланс між її змістовим наповненням та ступенем деталізації необхідних заходів. Це дозволяє розглядати її як керівний документ для подальшого відпрацювання цільових програм відповідного спрямування.

У цілому, затвердження Стратегії стане важливим поштовхом для прискорення інноваційної трансформації Збройних Сил України з урахуванням викликів з боку проривних технологій. Окреслені в документі напрями впровадження ШІ у сфері безпеки та оборони відповідають кращому світовому досвіду та створюють передумови для подальшого розвитку спроможностей Збройних Сил України.

Slyusar V.

Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine, Chief of Research Group, Honored Scientist and Technician of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor.

The trend towards robotics, which is becoming an important part of many spheres, is especially noticeable in the defense sector. The world's leading countries are making significant efforts to equip military units with robotic systems for various purposes and increase the effectiveness of their military use. The experience of military cooperation with the NATO member countries demonstrates that military analysts consider Artificial Intelligence (AI) to be a breakthrough technology for developing military capabilities. The introduction of artificial intelligence is an important trend in the development of battlefield management systems and fire-control systems, including robotic platforms.

As for controlling military affairs, artificial intelligence technologies are considered as an important supplement to human resources in a range of sectors, including expanding situational awareness and data exchange; coordination of divisions; distribution of goals; control of sensors and weapons; detection and identification of threats, reduction of reaction time; assessment of intentions; semi-autonomous weapons system; resource management, partial prevention of a person from the decision-making process, etc. In the long run, the optimal choice of a combination of sensors and weapons, depending on the threats, should be made with artificial intelligence, which is becoming more important both in solving problems of situational awareness and decision support.

In 2017-2018, NATO started the process of AI standardization. Several stages have been passed through up to the present. The first one concerns terminological aspects. Standardization later spread to all possible military applications of AI technology,

resulting in a cluster of NATO operational standards notable by its growing number of documents, reflecting various aspects of the role and place of artificial intelligence in various missions. It is noteworthy that these standardization documents have already covered all operational domains of multidomain operations – land, air, sea, and cyberspace. In supplement to that, the integration of relevant AI regulations is gradually being extended to key components of DOTMLPFI's defense capabilities (Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability), namely: doctrines, organization, training, funding, leadership, personnel, means, interoperability. The next stage is the beginning of technical standardization of artificial intelligence, in particular, the requirements for the safety of AI in ammunition systems, etc.

These processes indicate the relevance of building the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030), and, in particular, its section concerning security and defense.

Taking into account the notes made during the discussion, the points contained in this section form the basis for overcoming the backwardness of the Armed Forces of Ukraine in the field of artificial intelligence, and ensuring the state defence capabilities in the middle of rapid scientific and technological progress.

The Strategy provides a balance between its content and the detailed description of the necessary measures. This allows us to consider it as a guideline for further development of targeted programs in this area.

In general, the approval of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) will be an important spur to the innovative transformation of the Armed Forces of Ukraine, taking into account the challenges of breakthrough technologies. The introduction of artificial intelligence in the field of security and defence outlined in the document is consistent with the best world experience and creates preconditions for further development of capabilities of the Armed Forces of Ukraine.

Стасюк О. І.

Професор кафедри автоматизації

та комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту

Київського інституту залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій МОН України,

лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,

доктор технічних наук, професор.

Актуальність і важливість створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030). Ключовою ідеологією інноваційно-інвестиційного перетворення економіки України, особливо сектору енергетики, є необхідність створення Стратегії розвитку штучного інтелекту як головної ключової технології сучасності. Новий напрям наукових досліджень, пов'язаний з інтелектуалізацією процесів, які відбуваються в економічних і енергетичних системах, базується на загально визначених у світі технологіях, перспективність яких зумовлена необхідністю створення нових пізнавальних моделей і методів

підвищеної інтелектуальної складності та розмірності для імітації творчої діяльності людини та формування нових знань як основи створення інтелектуальних технологій для оптимізації функціонування складних інженерних об'єктів, процедур енергозбереження, формування управлінських рішень і реалізації стратегічних функцій і цілей.

Наукова новизна. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) спрямована на вирішення комплексної проблеми інноваційно-інвестиційного перетворення економіки України, критичної інфраструктури, сектору енергетики, енергозбереження тощо шляхом організації інтелектуальних розподілених комп'ютерних мереж оптимального керування електропостачанням і створення перспективних енергоощадних технологій. Організація штучного інтелекту базується на результатах фундаментальних і прикладних досліджень в області математичного і комп'ютерного моделювання для управління складними фізичними об'єктами, процесами та явищами, а концептуально – на використанні моделей штучного інтелекту для моделювання розумної поведінки людини, баз знань і баз подій, орієнтованих на виявлення нових спеціальних знань для генерації адаптивних алгоритмів розв'язання прикладних завдань, що погано формалізуються, з метою формування управлінських рішень в умовах напівструктурованих і слабкоструктурованих інформаційних даних.

Пропозиції щодо визначення сфери проривних технологій в Україні шляхом організації спектру інноваційних моделей штучного інтелекту, в яких відображено результати взаємної інтеграції інтелектуальних ресурсів керування оптимізацією режимів складних систем, топологій складних об'єктів, інтелектуальних методів та алгоритмів обробки інформації, як основи створення інтелектуальних комп'ютерних систем, підтримуємо.

Пропозиції щодо впровадження схеми (ланцюга) наукових результатів у виробництво та ринок. На нашу думку, на основі досліджень вітчизняних та закордонних учених у документі обґрунтовано необхідність створення нового напрямку організації штучного інтелекту та відповідних інтелектуальних комп'ютерних мереж. Інтелектуальні мережі являють собою якісно нову сукупність взаємно інтегрованих топологій електричних мереж, комп'ютерних інтелектуальних середовищ і сучасних інтелектуальних технологій, об'єднаних на основі сучасних принципів саморегулювання, самовідновлення, підтримки єдиної моделі первинних даних і принципу синхронної інформаційної мережі. Це відкриває можливість формувати процедури оптимізації енергоспоживання, створення нових енергоощадних технологій і нанотехнологій, підвищення рівня національної безпеки, а також реалізувати прогноз аномальних режимів і розширювати спектр ринкових послуг.

Спроможність кадрового наукового потенціалу України щодо створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом за достатнього фінансування.

Кадровий потенціал Національної академії наук України і провідних університетів України, на нашу думку, за достатнього фінансування повністю спроможний створити спектр інтелектуальних комп'ютерних мереж,

інтелектуальних комп'ютерних систем керування складними енергетичними й інфраструктурними об'єктами.

Чи доцільним є обрання мозку людини, зокрема свідомості й інтелекту, як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом?

На нашу думку, обрання мозку людини, зокрема свідомості й інтелекту як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом, систем і мереж є головним і фундаментальним.

Висновок: Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) повністю підтримую.

Stasiuk O.

Professor of the Automation and Computer-Integrated Technologies Department,
Ukrainian State University of Railway Transport,
Laureate of the State Prize of Ukraine,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

Relevance and importance of creating the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030). The key ideology of innovation and investment transformation of the Ukrainian economy, especially in the energy sector, is the necessity to create the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) as the main technology these days.

A new direction of scientific research, associated with the intellectualization of processes occurring in economic and energy systems, based on world-renowned Smart Grid technologies, which are promising because of the need to create new cognitive models and methods of increased intellectual complexity and dimension to mimic human creativity and new knowledge as a basis for the creation of intelligent technologies to optimize the functioning of complex engineering facilities, energy-saving procedures, the formation of management decisions and the implementation of strategic functions and goals. The scientific novelty Strategy. The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is aimed at solving the complex problem of innovation and investment transformation of the Ukrainian economy, critical infrastructure, energy sector, energy saving by organizing intelligent distributed computer networks for optimal power supply management and creating promising energy-saving technologies. Artificial intelligence is based on the results of basic and applied research in mathematical and computer modeling to control complex physical objects, processes, and phenomena, and conceptually - the use of artificial intelligence models to mimic the intelligent human behavior, knowledge bases, focused on the identification of new special knowledge for the generation of adaptive algorithms for dealing with applied challenges, to form management decisions in both semi-structured and unstructured data.

We support proposals concerning the scope of breakthrough technologies in Ukraine by organizing a range of innovative models of artificial intelligence, which show the results of mutual integration of the intellectual resources management optimization of complex systems, complex objects topology, intelligent methods, and

algorithms for information processing as the basis for the development of intelligent computer systems.

Proposals for the introduction of the scheme (chain) of research results into production and market. Based on the research results of domestic and foreign scientists, the necessity of creating a new artificial intelligence direction with intelligent networks on its bases. Intelligent networks are a qualitatively new set of the mutually integrated topology of electrical networks, computer intelligent environments, and advanced intelligent technologies combined on the basis of modern principles of self-regulation, self-renewal, supporting the single model of primary data and the principle of synchronous information. This fact opens the possibility of forming energy optimization procedures, new energy-saving technologies, and nanotechnology, improving national security, implementing technology of abnormal modes prediction, and improving market service.

The Ukrainian skilled workers' capability of creating a computer with artificial intelligence.

The staff of the National Academy of Sciences of Ukraine and leading universities of Ukraine is fully capable of creating intelligent networks, intelligent computer systems for managing the complex energy sector and infrastructure facilities.

Is it reasonable to choose the human brain, in particular consciousness and intelligence, as a functional prototype to create a computer with artificial intelligence?

In our opinion, choosing the human brain, in particular consciousness and intelligence, as a functional prototype to create a computer with artificial intelligence as well as systems and networks is the primary and fundamental task.

Conclusion. We support the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030).

Субботін С. О.

Експерт секції № 2 «Інформатика та кібернетика»
наукової ради МОН України,
завідувач кафедри програмних засобів
Національного університету «Запорізька політехніка»,
доктор технічних наук, професор.

На сьогодні переважна більшість провідних країн світу мають затверджені національні стратегії розвитку штучного інтелекту. Створення такої стратегії в Україні є актуальною, оскільки, з одного боку, дозволить Україні долучитися до кола країн, що на державному рівні реалізують стратегії розвитку штучного інтелекту (фактор престижу), а, з іншого боку, дозволить сформувати передумови провадження державної політики у сфері штучного інтелекту.

На мій погляд, наукова новизна Стратегії полягає у тому, що увагу зосереджено на створенні засобів реалізації штучної свідомості як одного з основних компонентів системи штучного інтелекту, подібного до людського.

Обрання мозку людини, зокрема свідомості й інтелекту як функціонального прототипу для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом, є

доцільним, оскільки має біологічну інспірованість та перевірено практикою (це – єдиний відомий науці прототип інтелекту).

В цілому підтримую пропозиції, визначені у Стратегії щодо визначення сфери проривних технологій в Україні.

Щодо впровадження наукових результатів у виробництво та ринок, вважаю за необхідне створення мережі центрів і лабораторій зі штучного інтелекту, а також філій Інституту проблем штучного інтелекту при профільних кафедрах провідних університетів України як організаційно-ресурсної бази для проведення досліджень та розробки на їхній основі прототипів продукції у сфері штучного інтелекту.

Вважаю, що наявний кадровий науковий потенціал України спроможний створювати обчислювальні засоби з елементами штучного інтелекту за умов достатнього фінансування та у співпраці з провідними ІТ-компаніями України і світу.

Висновок: вважаю, що Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) відбиває поточний стан та перспективи розвитку штучного інтелекту в Україні та світі і може бути рекомендована до затвердження.

Subbotin S.

Expert of the Section No. 2 “Informatics and Cybernetics”,
Scientific Council of the Ministry of Education and Science of
Ukraine in the Professional Field of Informatics and Cybernetics,
Head of the Software Tools Department,
Zaporizhzhija National Polytechnic University,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

Nowadays, the vast majority of the world’s leading countries have developed their national AI strategies. Developing such a strategy in Ukraine is relevant because, on the one hand, it will allow Ukraine to join the countries that develop artificial intelligence strategies (prestige factor), and on the other hand, it will form the preconditions for state artificial intelligence policy.

From my perspective, the scientific novelty derives from the fact that the Strategy focuses on the creation of means of artificial consciousness formation as one of the main components of the artificial intelligence system, similar to human intelligence.

Choosing the human brain, in particular consciousness and intelligence as a functional prototype for the creation of a computer with artificial intelligence is reasonable because it is biologically inspired and examined in practice (it is the only known prototype of intelligence).

In general, I support the proposals stated in the project on defining the field of breakthrough technologies in Ukraine.

With regard to the introduction of scientific results in production and the market, I consider it necessary to create AI research centres and laboratories, as well as branches offices of the Institute of Artificial Intelligence Problems at specialized departments of leading universities of Ukraine as an organizational resource base for research and creation of artificial intelligence prototype products.

I believe that the human scientific potential of Ukraine is enough to create computers with elements of artificial intelligence if adequate funding will be provided, as well as cooperation with leading Ukrainian and international IT companies, is available.

Conclusion: In my judgment, the draft document “Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023–2030)” reflects the current state and prospects of artificial intelligence in Ukraine and the world, and can be recommended for approval.

Терещенко В. М.

Завідувач кафедри математичної інформатики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
доктор фізико-математичних наук, професор.

Цим листом хотів би засвідчити свою підтримку Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030). Цей документ є важливим кроком залучення нашої країни до процесу створення нового етапу високотехнологічного рівня розвитку людства, який започаткували провідні розвинені країни світу – США, Канада, країни Євросоюзу, Китай, Японія та інші.

Розроблена стратегія, на мій погляд, є узагальненням і логічним продовженням Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні до 2030 року, яка була затверджена урядом 2 грудня 2020 року. Вона визначає конкретні стратегічні кроки (визначення напрямів і завдань) та тактичні інструменти їх виконання (методи, дослідження, розробки та їх впровадження).

Актуальність і важливість створення такого плану для України є очевидною – адже це дозволить Україні стати, з одного боку, активним учасником розробки просунутих інноваційних технологій розвитку провідних галузей виробництва та сфери послуг, а, з іншого боку, вийти на ринки інноваційних рішень і технологічних проривів у науці та промисловості. Це дасть змогу підняти рівень охорони здоров'я, енергетики, транспорту та інфраструктури (проекти “smart car”, “smart city”), сільського господарства, екології тощо шляхом упровадження технологій штучного інтелекту. Впровадження технологій ШІ, як зазначено в Стратегії, і справді допоможе сформувати в Україні принципово новий ринок для малого та середнього бізнесу зі створення та надання різноманітних послуг і сервісів.

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні побудована на системному підході до реалізації її завдань, що включає належне наукове, кадрове та матеріальне забезпечення її виконання. Зокрема, зроблено акцент на фундаментальних дослідженнях у галузі теорії ШІ у створенні нових моделей ШІ та їхню алгоритмічну та технічну імплементацію (моделі, які більш точно імітують роботу людського мозку).

Як зазначено в цьому документі, в Україні до 2030 року повинні бути реалізовані освітні програми світового рівня для підготовки вітчизняних висококваліфікованих фахівців і керівників у сфері ШІ, а також для залучення

провідних іноземних фахівців і викладачів-практиків із провідних ІТ-компаній, що дозволить усунути проблему дефіциту відповідних фахівців.

Таким чином, на мій погляд, розроблена Стратегія є важливим державним документом, який дозволить Україні зробити інформаційний, інтелектуальний та індустріальний прорив у галузі високих технологій і піднятися на рівень провідних економічно розвинених країн світу.

Tereshchenko V.

Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Faculty of Computer Science and Cybernetics,
Doctor of Physical and Mathematical Science,
Professor.

I would like to express my support for the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030). Developed by the team of authors under the leadership of the director of the Institute of Artificial Intelligence Problems, the correspondent member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, professor Anatolii I. Shevchenko. The development of the Strategy is an important step toward involving the country in the process of creating a new stage of high-tech level of human development, which has been launched by leading industrialized countries such as the United States, Canada, the European Union, China, Japan and other countries.

In my opinion, the Strategy is a follow-up of the Concept of Artificial Intelligence Development in Ukraine, which was approved by the Government of Ukraine on December 20, 2020. It involves specific strategic steps (definition of directions, tasks) and tactical tools for the implementation (methods, research, development, and implementation of new ideas and approaches to implementation).

The urgency and importance of creating such a document (guidelines and instructions for use) are evident, as it will allow Ukraine to become an active participant in the development of advanced innovative technologies for industrial development and economic growth, and to reach the global market of innovative decisions and breakthrough technologies in the leading sectors of science and industry. It will also allow improving other industries, such as healthcare, agriculture, production, energy sector, transportation, and ecology by the introduction of AI technologies.

The Strategy will foster the integration of innovative AI technologies in priority areas of Ukraine, such as education, healthcare, security and defense, leading industries, energy sector, transportation, and infrastructure (“smart city”, “smart car”), agriculture, public service, etc. Implementation of the AI technologies, as indicated in the strategy, is a spur to a fundamentally new market for small and medium businesses to create and provide a variety of services in Ukraine.

The Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is based on a systematic approach to implementing its tasks, which includes proper scientific, workforce, and material resources for its implementation. In particular, the emphasis has been made on fundamental research concerning AI theory in the

new AI models and their algorithmic and technical implementation (ones that model the human brain more accurately).

As stated in the Strategy, Ukraine will implement educational world-class programs for the training of domestic high-skilled AI workers, as well as for attracting leading foreign specialists and educators from leading IT companies, which will eliminate the problem of shortage of talent.

To my mind, the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) developed by the team of leading scholars from the field of AI and IT, is an important state document that will allow Ukraine to make a breakthrough in the field of high technology and to reach the level of leading economically developed countries.

Чертов О. Р.

Завідувач кафедри прикладної математики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор.

Цим листом хочу засвідчити безумовну підтримку Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030), яка була розроблена колективом авторів під керівництвом члена-кореспондента НАН України А. І. Шевченка. Ця Стратегія фактично є розширеним логічним продовженням Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні до 2030 року, яка була затверджена урядом України 2 грудня 2020 року.

Актуальність проведення робіт у цьому напрямі не викликає жодних сумнівів. США, Китай, Австралія, практично всі країни Європейського Союзу також напрацювали ті чи інші документи, спрямовані на швидкий розвиток ШІ та широке впровадження відповідних технологій і продуктів.

Розроблена Стратегія сприятиме інтеграції інноваційних технологій ШІ та науки у пріоритетні сфери розвитку України, до яких у Стратегії були віднесені безпека та оборона держави, медицина, промисловість та енергетика, телекомунікаційна галузь, транспорт та інфраструктура, сільське господарство.

На мій погляд, особливої уваги заслуговують передбачені у п. 7.4 Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) заходи з упровадження ШІ у телекомунікаційній галузі, зокрема, із забезпечення відкритого доступу до знеособлених геоданих користувачів мобільного зв'язку. Вони, як про це зазначено у Стратегії, справді можуть сформувавши в Україні принципово новий ринок для малого та середнього бізнесу зі створення та надання різноманітних послуг і сервісів, побудованих із залученням цих даних.

Про це свідчить, наприклад, і підписання 20 липня 2021 року представниками центральної, обласної і місцевої влади, а також громадського сектору і бізнесу меморандуму зі створення унікальної бази геопросторових природних, історичних, культурних та бізнесових об'єктів Київщини для підвищення туристичної привабливості сільських територій цього регіону: <http://koda.gov.ua/news/kiiivshhina-pershoyu-v-ukraini-stvorit-ied/>.

Chertov O.

Head of the Department of Applied Mathematics,
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

I would like to express my personal unconditional approval of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030), which was developed by a team of authors managed by the Director of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor Anatolii Shevchenko. This Strategy is in fact a follow-up to the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine, which was approved by the Government of Ukraine on December 2, 2020.

The relevance of work in this direction is beyond doubt. The United States, China, Australia, almost all countries of the European Union have also developed various documents aimed at the rapid development of AI and the widespread introduction of relevant technologies and products.

The developed Strategy will promote the integration of innovative AI technologies and science in the priority areas of Ukraine, which are included in the Strategy such as security and defense, healthcare, energy sector, telecommunications, transportation and infrastructure, agriculture.

In my opinion, the measures described in subsection 7.4 of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 - 2030) on the introduction of AI in the telecommunications industry, in particular, to ensure open access to depersonalized geodata of mobile phone users, should be given particular attention. As it is stated in the Strategy, these measures can form a fundamentally new market for small and medium-sized businesses to create and provide a variety of services built with this data.

For instance, it is evidenced by the signing ceremony of a Memorandum of creating unique geospatial natural, historical, cultural and business objects in the Kyiv region for rural tourism development, which took place on July 20, 2021. The Memorandum was signed by representatives of central, regional, and local authorities, as well as by representatives of public sector and business: <http://koda.gov.ua/news/kiiivshhina-pershoyu-v-ukraini-stvorit-ied/>.

Чопоров С. В.

Завідувач кафедри комп'ютерних наук математичного факультету
Національного університету «Запорізька політехніка»,
доктор технічних наук, професор.

Актуальність і важливість створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. Стрімкий розвиток комп'ютерних наук і техніки зумовили тісну їх інтеграцію з різними сферами життєдіяльності людини. Комп'ютерна техніка слугує інструментом алгоритмічного опрацювання інформації. Зростання можливостей засобів машинного навчання довело здатність комп'ютерної техніки розв'язувати завдання шляхом аналізу інформації про проблемні

об'єкти та середовище. Як наслідок, поведінка комп'ютера все більше стає схожою на навчання людини: спостереження, виявлення характерних ознак, формування ланцюгів прийняття рішень. Отже, можна говорити про поступове виокремлення штучного інтелекту. Така ситуація спонукає світову наукову спільноту до вирішення проблем, що виникають, зокрема, математичного, технічного, філософського характеру тощо.

Наукова новизна. У Стратегії здійснено суттєвий аналіз понять і напрямів досліджень у сфері штучного інтелекту, стану розвитку штучного інтелекту в Україні та світових стандартів, наукового, кадрового та матеріального забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту. Розглянуто особливості застосування стратегії розвитку штучного інтелекту у пріоритетних сферах розвитку України, зокрема, у сфері безпеки та оборони держави, медицині, промисловості та енергетиці, телекомунікаційній галузі, транспорті та інфраструктурі, сільському господарстві.

Загальний висновок. Штучний інтелект є сферою проривних світових технологій. Існуюча світова система хмарних комп'ютерних технологій істотно спростила організацію і проведення досліджень у багатьох напрямках розвитку штучного інтелекту. Зважаючи на вищезазначене, вважаю Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) перспективною.

Choporov S.

Zaporizhzhja National University,
Information Science and Computer Engineering Department,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Relevance and importance of developing the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030). The rapid development of computer science and technology led to close integration with various spheres. Computer technology serves as a tool of algorithmic information processing. Machine training capabilities stimulated the ability of computers to solve tasks by processing information about problematic objects and the environment.

As a result, machine learning becomes much like human training: observation, identification of characteristic features, forming decision-making chains. Therefore, artificial intelligence stands out. It prompts the global scientific community to solve problems that arise, in particular, mathematical, technical, philosophical ones, etc.

The scientific novelty. The Strategy has a significant analysis of concepts and directions of research in the field of artificial intelligence, the stage of development of artificial intelligence in Ukraine, and world standards, scientific, personnel, and material support of the national ecosystem of artificial intelligence. The peculiarities of the strategy application for the artificial intelligence development in the priority areas of development of Ukraine, in particular in security and defense, healthcare, energy sector, production, telecommunication industry, transportation and infrastructure, agriculture are considered.

Conclusion. Artificial intelligence is a sphere of breakthrough global technologies. The existing global cloud computing technology significantly simplified the

organization and research in many directions of artificial intelligence development. Considering all the points mentioned above, I consider the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) to be a promising project.

Яковина В. С.

Експерт секції № 2 «Інформатика та кібернетика»
наукової ради МОН України, професор кафедри систем штучного інтелекту
Національного університету «Львівська політехніка»,
доктор технічних наук.

Досвід розвитку провідних світових держав та економік світу протягом останнього десятиліття виявляє провідну роль технологій штучного інтелекту в сталому розвитку суспільства. Вважаю, що можна вже впевнено стверджувати, що на зміну цифровій постіндустріальній епосі надходить епоха штучного інтелекту. Системи ШІ набувають свого застосування у всіх галузях економіки: від безпеки та оборони держави до сфери туризму і розваг.

Саме тому створення стратегії розвитку штучного інтелекту для України є актуальним і важливим завданням, яке повинно бути вирішене в найкоротші терміни для забезпечення цифрової трансформації економіки та стійкого розвитку держави.

Основою Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні є проєкт створення обчислювальної машини наступного покоління – обчислювальної машини зі штучним інтелектом. Створення такої машини на основі знань щодо функціональних, психологічних, нейробіологічних та хімічних схем роботи мозку людини становитиме основну наукову новизну, яка на теперішній момент не має аналогів в світовій науці. Запропонований у Стратегії «безперервний ланцюг» комерціалізації результатів наукових досліджень у сфері розвитку штучного інтелекту та впровадження їх у виробництво вважаю адекватним і доцільним підходом, який принесе взаємну вигоду як науковому співтовариству, так і різним формам бізнесу – адже, як показує світовий досвід, від запровадження методів, елементів та систем штучного інтелекту виграє будь-яка сучасна галузь економіки, а використання таких технологій забезпечує бізнесу конкурентну перевагу в умовах жорсткої конкуренції на глобальному ринку товарів і послуг.

Наявність в Україні потужних наукових шкіл, університетів та установ Національної академії наук України з вагомими доробками та активними дослідженнями в галузі штучного інтелекту, на мою думку, доводить спроможність кадрового наукового потенціалу України щодо створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом за достатнього фінансування. Разом з тим, для підвищення залучення молодих перспективних кадрів в науку, в дослідження в галузі штучного інтелекту, вважаю доцільним запровадити окрему спеціальність «Штучний інтелект» в галузі знань 12 «Інформаційні технології», та, за можливості, забезпечити їй державну підтримку.

Підсумовуючи, висловлюю підтримку запропонованим в Стратегії рішенням, визначеним сферам проривних технологій в Україні та Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2023 – 2030) в цілому.

Jakovyna V.

Expert of Section No. 2 “Informatics and Cybernetics”,
Scientific Council of the Ministry of Education and Science of Ukraine,
Head of the Department of Artificial Intelligence Systems,
Lviv Polytechnic National University,
Doctor of Technical Sciences, Professor.

The experience of leading states and largest economies over the past decade demonstrates the leading role of artificial intelligence technologies in the sustainable development of society. I venture to affirm that the age of artificial intelligence is replacing the digital post-industrial era. AI systems have been integrated into all sectors of the economy: security and defense, the sphere of tourism and entertainment, etc.

That is why the creation of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is a relevant and important task to be solved in the shortest possible time to provide a digital transformation of the economy and sustainable development of the state.

The central concept of the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023 – 2030) is a next-generation computer – a computing machine with artificial intelligence. The creation of such a machine based on knowledge about functional, psychological, neurobiological and chemical circuits of human brain will be the major scientific novelty of the project, which for now has no analogues in the world. The “continuous chain” of the commercialization of scientific research in the field of artificial intelligence development and implementation in production, described in the Strategy, is considered a reasonable and relevant approach that ensures mutual benefits for both the scientific community and business. Whichever field of contemporary economics benefits from the introduction of methods, elements and systems of artificial intelligence, and the use of such technologies gives companies a competitive advantage in a stiff product market competition.

Ukrainian scientific communities, universities, and institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine are notable for significant achievements and active research in the field of artificial intelligence. In my opinion, it proves the ability of the scientific potential of Ukraine to create a computing machine with artificial intelligence as long as sufficient funding is available. However, to increase the involvement of young promising workers in science and artificial intelligence research, it is necessary to introduce a new degree program “Artificial Intelligence”, the field of knowledge 12 “Information Technologies”, and, if possible, make it state-funded.

Personally, I endorse the decisions proposed in the Strategy determined by the spheres of breakthrough technologies in Ukraine, and I give my personal approval to the Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (2023–2030).

Використані джерела

1. Моделирование мыслительных процессов [Текст] / В.М. Глушков. - [К.]: [б. и.], [1963]. - [11] с.: ил. Окр. відб. із журн.: Природа. - 1963, февраль. - № 2.- С. 3-13.
2. Некоторые проблемы теории автоматов и искусственного интеллекта [Текст] / В. М. Глушков. - [К.] : [б. и.], [1970]. - [11] с. Окр. відб. з журн.: Кибернетика. - 1970.- № 2. - С. 3-13.
3. Амосов Н.М. Алгоритмы разума. Киев: НАУКОВА ДУМКА, 1979, 224 с. https://platona.net/load/knigi_po_filosofii/filosofija_nauki_tekhniki/amosov_algoritmy_razuma/30-1-0-446.
4. Капитонова Ю.В., Михайлович В.С. Памяти В.М. Глушкова // Кибернетика и системный анализ. – 1991. – № 6.
5. Sergienko, I.V., Zadiraka, V.K., Lytvyn, O.M. Elements of the Computing Theory. Springer Optimization and Its Applications, 2021, 188, pp. 1–27.
6. Sergienko, I.V., Khimich, O.M., Klyushin, D.A., ...Lyashko, S.I., Semenov, V.V. Formation and Development of the Scientific School of the Mathematical Theory of Filtration. Cybernetics and Systems Analysis, 2023.
7. Функціональна схема формування штучної особистості. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір: а. с. № 99417 / А.І. Шевченко; заявл. 02.09.20; 1 с.
8. Палагін О.В., Кургаєв О.П., Шевченко А.І. Ноосферна парадигма розвитку науки та штучний інтелект. Кібернетика і системний аналіз. 2017. Т. 53. № 4. С. 12-21.
9. Шевченко А.І. До питання щодо створення штучного інтелекту. Штучний інтелект, № 1, 2016. С. 7–15.
10. Олександр Білокобильський, Руслан Халіков, Віктор Левицький, Тетяна Єрошенко, Володимир Гуржи, Ксенія Гуржи Вододіли секуляризації. Західний цивілізаційний проєкт і глобальні альтернативи. Publishing House «European Scientific Platform», Т. 1, 2020, 240 с., <https://doi.org/10.36074/bilokobylskyi.sekuliaryzatsiia-2015>.
11. Вашкевич А. Електронна особа. 2016. URL: <https://zbruc.eu/node/51750>.
12. Барановський С.В. Узагальнення моделі інфекційного захворювання з урахуванням дифузійних збурень, логістичної динаміки та біостимуляції. / Барановський С.В., Бомба А.Я. // Кібернетика та системний аналіз. – Том 59, №1. – 2023. – С. 139-155.
13. Барановский С.В., Бомба А.Я., Ляшко С.И. Принятие решений при моделировании динамики инфекционного заболевания с учетом диффузионных возмущений и сосредоточенных воздействий // Проблемы управления и информатики. – 2021. – № 3. – С. 115-129.
14. Каткова Т.Г. Закони про роботів: сучасний стан і перспективи розвитку. 2017. URL: <http://aphd.ua/publication-345/>.
15. Ковалевський С.В., Ковалевська О.С. Моделі ідентифікації механізмів паралельної структури // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». 2019б. №19 (1344). С. 34–39.
16. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#n8>.
17. Литвин В.В., Інтелектуальні системи: Підручник / В.В. Литвин, В.В. Пасічник, Ю.В. Яцишин. – Львів: “Новий Світ – 2000”, 2020 – 406 с.
18. Aboutcomplexintelligenttechnologiesfortheco-ecologicaleventscontrolinthewaterarea, Писаренко В.Г., Ногін М.В., Крячок О.С., Писаренко Ю.В., Варавя І.А., Коваль О.С. Про комплексні інтелектуальні технології управління техно-екологічними подіями в акваторії", Міжнародна конференція УкрПРОГ, Київ,

2022. Спецвипуск журналу «Проблеми програмування» №3-4 «Матеріали конференції УкрПРОГ-2022» ISSN: 1727-4907 <http://www.isoftware.kiev.ua/ukrprog/>.

19. Інформаційно-інноваційні технології управління в еколого-економічних системах. Монографія. Виправл. і допов. видання. За заг. ред. проф. С.К. Рамазанова. – Київ: КНЕУ ім. В. Гетьмана, 2020. – 464 с.

20. Рамазанов С.К., Тішков Б.О. Про еволюцію процесів інтелектуалізації: досвід, проблеми, стратегії розвитку, сингулярності і ризику / С.К. Рамазанов, Б.О. Тішков. – С. 340-349. Режим доступу: <https://cutt.ly/ThklRuN>. / VII Міжнародна науково-практична конференція «Стратегії, моделі та технології управління економічними системами (SMTESM-2020)». - Хмельницький, 8-9 жовтня 2020 р.

21. С.К. Рамазанов, А.І. Шевченко, Є.О. Купцова. Штучний інтелект і проблеми інтелектуалізації: стратегія розвитку, структура, методологія, принципи і проблеми. Штучний інтелект. 2020. № 4 (90). С. 14-23.

22. Слюсар В.І. Щодо стратегії формування системи стандартів НАТО // Зб. матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”. Київ, 11-12 жовтня 2017 р. С. 84–86.

23. Слюсар В.І. Концепція межвидових стандартів НАТО // Тези доповідей 14-ї наукової конференції “Новітні технології – для захисту повітряного простору”, 11-12 квітня 2018 року. Харків: ХНУПС. С. 46–47.

24. Слюсар В.І. Роль искусственного интеллекта в кросс-платформенном распределении данных дополненной реальности // Зб. матеріалів VIII міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”. Київ, 2020. С. 417–420.

25. Слюсар В.І. Концепция виртуализации поля боя 2050 года // Озброєння та військова техніка. 2021. № 3 (31). С. 111–112.

26. Ташцев Р.К., Абраменко И.В. Современные методы диагностики и лечения рака молочной железы. /Монографія. Изд. Заславский А.Ю. Киев. 2018 г. 264 с.

27. Aggarwal, С.С. Artificial Intelligence. Springer International Publishing, 2021. DOI 10.1007/978-3-030-72357-6.

28. Anderson, С., Bekele, Z., Qiu, Y. et al. 2021. Modeling and prediction of pressure injury in hospitalized patients using artificial intelligence. BMC Med Inform Decis Mak 21, 253.

29. Baidu, Facebook and Microsoft work together to define the OCP Accelerator Module specification. Design&Reuse. 2019. March 14, <https://www.design-reuse.com/news/45791/baidu-facebook-microsoft-ocp-accelerator-module-specification.html>

30. S.V. Baranovsky, A.Ya. Bomba, and S.I. Lyashko, “Generalization of the antiviral immune response model for complex consideration of diffusion perturbations, body temperature response, and logistic antigen population dynamics,” Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 58, No. 4, 2022. – pp. 576-592. <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00491-w>.

31. Roberto E. Balmer, Stanford L. Levin, Stephen Schmidt, Artificial Intelligence Applications in Telecommunications and other network industries, Telecommunications Policy, Volume 44, Issue 6, 2020, 101977 <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101977>.

32. Besinovich, N., et al. (2022) Artificial Intelligence in Railway Transport: Taxonomy, Regulations, and Applications. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 23, no. 9, pp. 14011-14024, doi: 10.1109/TITS.2021.3131637.

33. Olexander Bilokobylsky, Tatiana Eroshenko The Place of Spirituality in the Structure of Artificial Intelligence. Inter Conf (67), Volume 1, pp. 124-134,

34. Oleksandr Bilokobylskyi “The hard problem” of consciousness in the light of phenomenology of artificial intelligence. Skhid, 1 (159), 2019/2/28, pp. 25-28.

35. A. Bomba, S. Baranovsky, O. Blavatska, L. Bachyshyna, Infectious disease model generalization based on diffuse perturbations under conditions of body's temperature reaction, *Computers in Biology and Medicine*, Volume 146, 2022, 105561, ISSN 0010-4825, <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105561>.
36. Chornovol, O., Kondratenko, G., Sidenko, I., Kondratenko, Y. (2020) Intelligent Forecasting System for NPP's Energy Production. In: *IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*, Lviv, Ukraine, pp. 102-107, doi: 10.1109/DSMP47368.2020.9204275.
37. Dash, S., Shakyawar, S.K., Sharma, M. et al. 2019. Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *J Big Data* 6, p. 54. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>.
38. 1. DeepMind, "AlphaFold: Using AI for scientific discovery," *Nature*, vol. 577, pp. 706—710, 2020.
39. Exarchos, K.P., et al. (2022) Review of Artificial Intelligence Techniques in Chronic Obstructive Lung Disease. In: *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 26, no. 5, pp. 2331-2338, doi: 10.1109/JBHI.2021.3135838.
40. Anatoliy Dovbysh. Information-extreme mashine learning of a ciber attack detection system / Anatoliy Dovbysh, Volodymyr Lubchak, Igor Shelehov, Julius Simonovskiy, Alona Tenytska // *Radioelektronic and Computer Systems*, 2022. – No 3(103). – P. 121–131. DOI:10.3262/recs,2022.3.09.
41. Anatoliy Dovbysh. Decision-making support system for diagnosis of oncopathologies by histological images / Anatoliy Dovbysh, Ihor Shelehov, Anatolii Romaniuk, Roman Moskalenko, Taras Savchenko // *Jurnal of Pathology Informatics*, 2023. – Vol. 14. – 100193, <https://doi.org/10.1016/j.jpi.2023.100193>.
42. Developing a Model of Artificial Conscience Online 020 *IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 23-26 September 2020, Zbarazh, Ukraine, pp. 51-54. DOI:10.1109/CSIT49958.2020.9321962 Mykyta S. Klymenko.
43. Graziano, M. 2017. The attention schema theory: A foundation for engineering artificial consciousness. In: *Frontiers in Robotics and AI* 4, art. 60, pp. 1-9.
44. Grone, O., and Garcia-Barbero, M. 2002. Trends in integrated care – Reflections on conceptual issues (EUR/02/5037864). Copenhagen: World Health Organization.
45. Hasan, M., Das, S., Akhand, M.N. T. (2021) Estimating Traffic Density on Roads using Convolutional Neural Network with Batch Normalization. In: *5th International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, Dhaka, Bangladesh, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEEICT53905.2021.9667860.
46. Hennessy J. L., Patterson D. A. A New Golden Age for Computer Architecture. *Communications of the ACM*, 2019, Vol. 62. No. 2, pp 48-60. DOI: 10.1145/3282307.
47. Theresa Hitchens. DARPA's Mosaic Warfare – Multi-Domain Ops, But Faster. *Networks / Cyber*, Pentagon. 2019. <https://breakingdefense.com/2019/09/darpas-mosaic-warfare-multi-domain-ops-but-faster/>.
48. Hristov, V., Kostov, B. (2021) Application of Machine Learning for Improving the Algorithm for Capturing, Orienting and Placing an Object with 6-Axis Robot and 2d Visual Inspection Camera. In: *3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, Ankara, Turkey, pp. 1-5, doi: 10.1109/HORA52670.2021.9461368.
49. Knight, K., Zhang, C., Holmes, G., Zhang, M.-L. (Eds.). *Artificial Intelligence. Second CCF International Conference, ICAI 2019, Xuzhou, China, August 22-23, 2019, Proceedings*, Springer Singapore, 2019. DOI 10.1007/978-981-32-9298-7.

50. Kondratenko, Y., et al. (2022) Machine Learning Techniques for Increasing Efficiency of the Robot's Sensor and Control Information Processing. In: *Sensors*, 22(3), 1062, doi: 10.3390/s22031062.
51. Kondratenko, Y., et al. (2021). Artificial Neural Networks for Recognition of Brain Tumors on MRI Images. In: *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2020. Communications in Computer and Information Science*, vol 1308. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77592-6_6.
52. Kondratenko, Yuriy P. Increasing Role of Artificial Intelligence in Human Activity: Development, Implementation, and Perspectives. Instituto de Espana, Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona, 2023, 88 p.
53. Kondratenko, Y., Kondratenko, G., Sidenko, I., Taranov, M. (2021) Fuzzy and Evolutionary Algorithms for Transport Logistics Under Uncertainty. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Sari, I., Cebi, S., Tolga, A. (eds) *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1197. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2_169.
54. Kovalevskyy, S., Kovalevska, O., Radosavljević, M. & Anđelković, M.: Ensuring the Life Cycle of Objects on the Basis of a Signature Approach. *Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS)*, Vol. 233 (2021) (Special Volume with: 7th International Conference "New Technologies" (NT-2021); Sarajevo, Bosnia and Herzegovina; 24-26 June 2021), pp. 458-468. ISSN 2367-3370 and ISBN 978-3-030-75274-3. doi: 10.1007/978-3-030-75275-0_51.
55. Kovalevskyy, S., Kovalevska, O. (2021) Identification and Technological Impact of Broadband Vibration on the Object. In: Tonkonogyi V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds) *Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_8.
56. Mirza, N.M. (2020) Machine Learning and Soft Robotics. In: 21st International Arab Conference on Information Technology (ACIT), Giza, Egypt, pp. 1-5, doi: 10.1109/ACIT50332.2020.9300102.
57. M. Mitchell, 2019, *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans*, Farrar, Straus and Giroux, pp. 3—34.
58. Morris K. Intel Achieves AI Nervana. All Apologies to GPUs and FPGAs. *Electronic Engineering Journal*. 2019, January 9, <https://www.eejournal.com/article/intel-achieves-ai-nervana>.
59. Y. Nikitin and O. Kulchytskyy, "Strategy of the development of Industry 4.0 in Ukraine: evaluation of the representatives of various organizations and companies of Ukraine", *Technology audit and production reserves*, vol. 4, no. 4(48), pp. 25-29, 2019.
60. Pankratova, N., Malishevsky, A., Pankratov, V. Cyber-physical systems operation with guaranteed survivability and safety under conditions of uncertainty and multifactor risks. Book Chapter 2 // In Springer book M. Zgurovsky and N. Pankratova (eds.), *System Analysis & Intelligent Computing, Studies in Computational Intelligence 1022*, 2022. P. 21–35. Scopus. doi:10.1007/978-3-030-94910-5_2, ISSN 1860-949X.
61. Pankratova, N.D. Creation of the physical model for cyber-physical systems // *Lecture notes in networks and systems*. 2020, 95. Book Chapter. Springer international publishing. Scopus. doi: 10.1007/978-3-030-34983-7. P.68-77.
62. Pankratova, N.D., Sholokhov, A.V. Development of the Robust Algorithm of Guaranteed Ellipsoidal Estimation and Its Application for Orientation of the Artificial Earth Satellite// *Cybernetics and Systems Analysis*, 55(1). – 2019. -C. 81-89. Scopus. DOI:10.1007/s10559-019-00114-x.
63. Julia Pisarenko, Kateryna Melkumian, Alexander Kryachek, Olga Gavrilyuk, Alexander Koval, About the organization of regional situational centers of the intellectual system

“CONTROL_TEE” with the use of UAVs. ITHEA ISSJ SoftEngine 2022, Image processing and computer vision. ABOUT MANUSCRIPTS FOR IJ ITA (ithea.org).

64. Ramazanov, S., Antoshkina, L., Babenko, V., Akhmedov, R. Integrated model of stochastic dynamics for control of a socio-ecological-oriented innovation economy (2019). *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 763-773.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v7i2.557>.

65. Sultan Ramazanov, Mariana Petrova. Development management and forecasting in a green innovative economy based on the integral dynamics model in the conditions of "Industry - 4.0". // *ACCESS Journal: Access to Science, Business, Innovation in Digital Economy (Online)* 2020, 1(1), P. 9-31.

66. Sultan Ramazanov, Vitalina Babenko, Oleksandr Honcharenk. Information technologies for the industrial management of objects in an innovative economy under conditions of instability and development of Industry 4.0. p. 147-170. // *Advanced Trends in ICT for innovative Business Management (1st ed.)*. Collect monogr CRC Press. 2021. – 298 p.

<https://doi.org/10.1201/9781003028932/>.

67. Rutkowski, L., Korytkowski, M., Scherer, R., Tadeusiewicz, R., Zadeh, L., Zurada, J. (eds) *Artificial Intelligence and Soft Computing. ICAISC 2017. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10245. Springer, Cham.

68. Yu., H., Shen, Z., Miao, C., Leung, C., Lesser, V.R., and Yang, Q. (2018). Building ethics into artificial intelligence. In *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI18)*, pages 5527–5533, Stockholm, Sweden.

<https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.07.2021.013>.

69. Shchokin V. The fuzzy logic controllers synthesis method in the vector control system of the wind turbine doubly-fed induction generator / Uskov, A., Shchokin, V., Mykhailenko, O., Kryvenko, O. // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – 166. 04006.

70. V.P. Shchokin, S.A. Kulish, V.I. Moshinskiy, I.A. Karapa and A.V. Karnauh “Investigation into near-contour stresses in stoping with backfilling by the polarization-optical method”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1049. 1(2022): 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012004>.

71. Sheremet, A., Kondratenko, Y., Sidenko, I., Kondratenko, G. (2021) Diagnosis of Lung Disease Based on Medical Images Using Artificial Neural Networks. In: *IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, pp. 561-565, doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575961.

72. The Ukrainian AI Strategy: Premises and Outlooks Online 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ruzomberok, Slovakia, 26-28 September 2022, pp. 511-515 DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913094. A. Shevchenko, M. Vakulenko, M. Klymenko.

URL:<https://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-021-01608-5>.

73. Sokoliuk, A., et al. (2020) Machine Learning Algorithms for Binary Classification of Liver Disease, in *IEEE International Conference on Problems of Infocommunications*. In: *Science and Technology (PIC S&T)*, pp. 417-421, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468051.

74. Stanley-Lockman, Zoe, and Christis, Edward Hunter. 2021. An artificial intelligence strategy for NATO. 25 October 2021.

75. Sopel, M., Stasyuk, O., Kuznetsov, V., Goncharova, L., Hubskeyi, P. Regina computer system for intelligent monitoring, diagnostics, and management of railway power supply systems *Diagnostyka* this link is disabled, 2021, 22(4), стр. 77–88 (Scopus) (Q3) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191292791>.

76. Alexander I. Stasiuk, Lidiya L. Goncharova *Mathematical Models and Methods of Formation of Intelligent Computer Networks for Control of Power Supply and Optimization of*

Power Consumption of Railways. *Journal of Automation and Information Sciences*. Begell House Inc. (CIIIA), New York, Connecticut. Volume 50, 2018 Issue 8, pages 50-65.

77. Stasiuk A.I., Goncharova L.L. Mathematical Models of Computer Intellectualization of Technologies for Synchronous Phasor Measurements of Parameters of Electric Networks. *New Means Cybernetics, Informatics, Computers Engineering And Systems Analysis*. Springer Science+Business Media New York 2016. Volume 52, Issue 5, pp 825 -830.

78. Stasiuk A.I., Hryshchuk, R.V., Goncharova L.L. Mathematical differential models and methods for assessing the cybersecurity of computer networks intelligent control of technological processes of railway power supply. *New Means Cybernetics, Informatics, Computers Engineering And Systems Analysis*. Springer Science+Business Media New York 2018. Volume 54, Issue 4, February 2018, Pages 671-682.

79. Striuk, O., & Kondratenko, Y. (2021). Generative Adversarial Neural Networks and Deep Learning: Successful Cases and Advanced Approaches. *International Journal of Computing*, 20(3), 339-349. <https://doi.org/10.47839/ijc.20.3.2278>.

80. Tereshchenko, V., & Tereshchenko, Y. (2021). Optimizing Algorithms of Text Detection on Images for Mobile Device Using Structural Approaches. In 8th International Scientific Conference "Information Technology and Implementation". vol. 3132, pp. 13-23. CEUR-WS. Scopus.

81. Vasyl Tereshchenko, Maksim Kovalchuk and Yaroslav Tereshchenko. Optimization of Algorithms for Simple Polygonizations//Lecture Notes in Networks and Systems: Communication and Intelligent Systems. – Springer. -2021, vol. 467. -P. 603-617. Scopus.

82. Vijayalakshmi, B.A., Ayyadurai, M., Nesasudha, M. (2021) Influence of Artificial Intelligence and Visible Light Communication in Autonomous Vehicles. In: 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC), Coimbatore, India, pp. 103-105, doi: 10.1109/ICSPC51351.2021.9451713.

83. Chris Stokel-Walker and Richard Van Noorden. THE PROMISE AND PERIL OF GENERATIVE AI. *Nature*, vol. 614, 9 February 2023, pp. 214-216.

84. Chris Stokel-Walker. CHATGPT LISTED AS AUTHOR ON RESEARCH PAPERS. *Nature*, vol. 613, 26 January 2023, pp. 620-621.

85. Wang J. (2022) Research on the Application of Artificial Intelligence Technology and Process Control Robots in Food Processing. In: Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS), Coimbatore, India, pp. 25-28, doi: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742841.

86. What could be the sense of human life? Online 1st International Scientific and Practical Conference «Science and education in progress», October 26-28, 2022, pp.

87. Alexandra Witze. Will an AI be the first to discover alien life? *Nature*, vol. 614, 9 February 2023, p. 208.

References

1. Modelirovanie myslitelnykh protsessov [Tekst] / V. M. Glushkov. - [K.] : [b. i.], [1963]. - [11] p.: il. Okr. vidb. iz zhurn.: Pryroda. 1963, fevral.-№ 2 .- P. 3-13.
2. Nekotorye problemy teorii avtomatov i iskusstvennogo intellekta [Tekst] / V. M. Glushkov. - [K.] : [b. i.], [1970]. - [11] s. Okr. vidb. z zhurn.: Kybernetyka. - 1970.- № 2. - P. 3-13.
3. Amosov N.M. Algoritmy razuma. Kiyev: NAUKOVA DUMKA. 1979. 224 s.
https://platon.net/load/knigi_po_filosofii/filosofija_nauki_tekhniki/amosov_algoritmy_razuma/30-1-0-446.
4. Kapitonova Yu.V., Mihaylevich V.S. Pamyati V.M. Glushkova // Kibernetika i sistemnyi analiz. – 1991. – № 6
5. Sergienko, I.V., Zadiraka, V.K., Lytvyn, O.M. Elements of the Computing Theory. Springer Optimization and Its Applications, 2021, 188, pp. 1–27.
6. Sergienko, I.V., Khimich, O.M., Klyushin, D.A., ...Lyashko, S.I., Semenov, V.V. Formation and Development of the Scientific School of the Mathematical Theory of Filtration. Cybernetics and Systems Analysis, 2023.
7. Funktsionalna skhema formuvannia shtuchnoi osobystosti. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir: a. s. № 99417 / A.I. Shevchenko; zaiavl. 02.09.20; 1 s.
8. Palahin O.V., Kurhaiev O.P., Shevchenko A.I. Noosferna paradyhma rozvytku nauky ta shtuchnyi intelekt. Kibernetyka i sistemnyi analiz. 2017. T. 53. № 4. S. 12-21.
9. Shevchenko A.I. Do pytannia shchodo stvorennia shtuchnoho intelektu. Shtuchnyi intelekt, № 1, 2016. S. 7–15.
10. Oleksandr Bilokobylskyi, Ruslan Khalikov, Viktor Levytskyi, Tetiana Yeroshenko, Volodymyr Hurzhy, Kseniia Hurzhy Vododily sekularyzatsii. Zakhidnyi tsyvilizatsiinyi proiekt i hlobalni alternatyvy. Publishing House «European Scientific Platform», T. 1, 2020, 240 s., <https://doi.org/10.36074/bilokobylskyi.sekularyzatsiia-2015>.
11. Vashkevych A. Elektronna osoba. 2016. URL: <https://zbruc.eu/node/51750>.
12. Baranovskyi S.V. Uzahalnennia modeli infektsiinoho zakhvoriuvannia z urakhuvanniam dyfuziinykh zburen, lohistychnoi dynamiky ta biostymuliatsii. / Baranovskyi S.V., Bomba A.Ia. // Kibernetyka ta sistemnyi analiz. – Tom 59, №1. – 2023. – S. 139-155.
13. Baranovskiy S.V., Bomba A.Ya., Lyashko S.I. Prinyatiye resheniy pri modelirovanii dinamiki infektsionnogo zaboлевaniya s uchetom diffuzionnykh vozmushcheniy i sosredotochennykh vozdeystviy // Problemy upravleniya i informatiki. – 2021. – № 3. – S. 115-129.
14. Katkova T.H. Zakony pro robotiv: suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku. 2017. URL: <http://aphd.ua/publication-345/>.
15. Kovalevskiy S.V., Kovalevska O.S. Modeli identyfikatsii mekhanizmiv paralelnoi struktury//Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu «KhPI». Seriya: Tekhnolohii v mashynobuduvanni / Nats. tekhn. un-t «Kharkiv. politekhn. in-t». 2019b. №19 (1344). S. 34–39.
16. Kontsepsiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#n8>.
17. Lytvyn V.V., Intelektualni systemy: Pidruchnyk / V.V. Lytvyn, V.V. Pasichnyk, Yu.V. Yatsyshyn. – Lviv: “Novyi Svit – 2000”, 2020 – 406 s.
18. Aboutcomplexintelligenttechnologiesfortechno-ecologicaleventscontrolinthewaterarea, Pysarenko V.H., Nohin M.V., Kriachok O.S., Pysarenko Yu.V., Varava I.A., Koval O.S. Pro kompleksni intelektualni tekhnolohii upravlinnia tekhn-ekolohichnymy podiiamy v akvatorii", Mizhnarodna konferentsiia UkrPROH, Kyiv, 2022. Spetsvypusk zhurnalu «Problemy prohrumuvannia» №3-4 «Materialy konferentsii UkrPROH-2022» ISSN: 1727-4907 <http://www.isoftware.kiev.ua/ukrprog/>.

19. Informatsiino-innovatsiini tekhnologii upravlinnia v ekoloho-ekonomichnykh systemakh. Monohrafiia. Vypravl. i dopov. vydannia. Za zah. red. prof. S.K. Ramazanova. – Kyiv: KNEU im. V. Hetmana, 2020. – 464 s.
20. Ramazanov S.K., Tishkov B.O. Pro evoliutsiiu protsesiv intelektualizatsii: dosvid, problemy, stratehii rozvytku, synhuliarnosti i ryzyky / S.K. Ramazanov, B.O. Tishkov. – C. 340-349. Rezhym dostupu: <https://cutt.ly/ThklRuN>. / VII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Stratehii, modeli ta tekhnologii upravlinnia ekonomichnymy systemamy (SMTESM-2020)». - Khmelnytskyi, 8-9 zhovtnia 2020 r.
21. S.K. Ramazanov, A.I. Shevchenko, Ye.O. Kuptsova. Shtuchnyi intelekt i problemy intelektualizatsii: stratehiia rozvytku, struktura, metodolohiia, pryntsyipy i problemy. – S. 14-23 // Shtuchnyi intelekt: IPSHi MONU i NANU, 2020, №4 (90). – 74 s.
22. Sliusar V.I. Shchodo stratehii formuvannia systemy standartiv NATO // Zb. materialiv V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Problemy koordynatsii voienno-tekhnichnoi ta oboronno-promyslovoi polityky v Ukraini. Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki”. Kyiv, 11-12 zhovtnia 2017 r. C. 84–86.
23. Sliusar V.I. Kontsepsiya mezhvidovykh standartov NATO // Tezy dopovidei 14-yi naukovo konferentsii “Novitni tekhnologii – dlia zakhystu povitrianoho prostoru”, 11-12 kvitnia 2018 roku. Kharkiv: KhNUPS. C. 46–47.
24. Sliusar V.I. Rol iskusstvennogo intellekta v kross-platformennom raspredelenii dannykh dopolnennoy realnosti // Zb. materialiv VIII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Problemy koordynatsii voienno-tekhnichnoi ta oboronno-promyslovoi polityky v Ukraini. Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki”. Kyiv, 2020. C. 417–420.
25. Sliusar V.I. Kontsepsiya virtualizatsii polya boya 2050 goda // Ozbroiennia ta viiskova tekhnika. 2021. № 3 (31). S. 111–112.
26. Tashchiiyev R.K., Abramenko I.V. Sovremennyye metody diagnostiki i lecheniya raka molochnoy zhelezy. /Monografiya. Izd. Zaslavskiy A.Yu. Kiyev. 2018 g. 264 s.
27. Aggarwal, C.C. Artificial Intelligence. Springer International Publishing, 2021. DOI 10.1007/978-3-030-72357-6.
28. Anderson, C., Bekele, Z., Qiu, Y. et al. 2021. Modeling and prediction of pressure injury in hospitalized patients using artificial intelligence. BMC Med Inform Decis Mak 21, 253.
29. Baidu, Facebook and Microsoft work together to define the OCP Accelerator Module specification. Design&Reuse. 2019. March 14, <https://www.design-reuse.com/news/45791/baidu-facebook-microsoft-ocp-accelerator-module-specification.html>
30. S.V. Baranovsky, A.Ya. Bomba, and S.I. Lyashko, “Generalization of the antiviral immune response model for complex consideration of diffusion perturbations, body temperature response, and logistic antigen population dynamics,” Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 58, No. 4, 2022. – pp. 576-592. <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00491-w>.
31. Roberto E. Balmer, Stanford L. Levin, Stephen Schmidt, Artificial Intelligence Applications in Telecommunications and other network industries, Telecommunications Policy, Volume 44, Issue 6, 2020, 101977 <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101977>.
32. Besinovich, N., et al. (2022) Artificial Intelligence in Railway Transport: Taxonomy, Regulations, and Applications. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 23, no. 9, pp. 14011-14024, doi: 10.1109/TITS.2021.3131637.
33. Olexander Bilokobylsky, Tatiana Eroshenko The Place of Spirituality in the Structure of Artificial Intelligence. Inter Conf (67), Volume 1, pp. 124-134,
34. Oleksandr Bilokobylskyi “The hard problem” of consciousness in the light of phenomenology of artificial intelligence. Skhid, 1 (159), 2019/2/28, pp. 25-28.
35. A. Bomba, S. Baranovsky, O. Blavatska, L. Bachyshyna, Infectious disease model generalization based on diffuse perturbations under conditions of body's temperature reaction,

Computers in Biology and Medicine, Volume 146, 2022, 105561, ISSN 0010-4825, <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105561>.

36. Chornovol, O., Kondratenko, G., Sidenko, I., Kondratenko, Y. (2020) Intelligent Forecasting System for NPP's Energy Production. In: IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, pp. 102-107, doi: 10.1109/DSMP47368.2020.9204275.

37. Dash, S., Shakyawar, S.K., Sharma, M. et al. 2019. Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *J Big Data* 6, p. 54. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>.

38. 1. DeepMind, "AlphaFold: Using AI for scientific discovery," *Nature*, vol. 577, pp. 706—710, 2020.

39. Exarchos, K.P., et al. (2022) Review of Artificial Intelligence Techniques in Chronic Obstructive Lung Disease. In: *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 26, no. 5, pp. 2331-2338, doi: 10.1109/JBHI.2021.3135838.

40. Anatoliy Dovbysh. Information-extreme mashine learning of a ciber attack detection system / Anatoliy Dovbysh, Volodymyr Lubchak, Igor Shelehov, Julius Simonovskiy, Alona Tenytska // *Radioelektronic and Computer Systems*, 2022. – No 3(103). – P. 121–131. DOI:10.3262/recs,2022.3.09.

41. Anatoliy Dovbysh. Decision-making support system for diagnosis of oncopathologies by histological images / Anatoliy Dovbysh, Ihor Shelehov, Anatolii Romaniuk, Roman Moskalenko, Taras Savchenko // *Jurnal of Pathology Informatics*, 2023. – Vol. 14. – 100193, <https://doi.org/10.1016/j.jpi.2023.100193>.

42. Developing a Model of Artificial Conscience Online 020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 23-26 September 2020, Zbarazh, Ukraine, pp. 51-54. DOI:10.1109/CSIT49958.2020.9321962 Mykyta S. Klymenko.

43. Graziano, M. 2017. The attention schema theory: A foundation for engineering artificial consciousness. In: *Frontiers in Robotics and AI* 4, art. 60, pp. 1-9.

44. Grone, O., and Garcia-Barbero, M. 2002. Trends in integrated care – Reflections on conceptual issues (EUR/02/5037864). Copenhagen: World Health Organization.

45. Hasan, M., Das, S., Akhand, M.N. T. (2021) Estimating Traffic Density on Roads using Convolutional Neural Network with Batch Normalization. In: 5th International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), Dhaka, Bangladesh, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEEICT53905.2021.9667860.

46. Hennessy J. L., Patterson D. A. A New Golden Age for Computer Architecture. *Communications of the ACM*, 2019, Vol. 62. No. 2, pp 48-60. DOI: 10.1145/3282307.

47. Theresa Hitchens. DARPA's Mosaic Warfare – Multi-Domain Ops, But Faster. *Networks / Cyber*, Pentagon. 2019. <https://breakingdefense.com/2019/09/darpas-mosaic-warfare-multi-domain-ops-but-faster/>.

48. Hristov, V., Kostov, B. (2021) Application of Machine Learning for Improving the Algorithm for Capturing, Orienting and Placing an Object with 6-Axis Robot and 2d Visual Inspection Camera. In: 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Ankara, Turkey, pp. 1-5, doi: 10.1109/HORA52670.2021.9461368.

49. Knight, K., Zhang, C., Holmes, G., Zhang, M.-L. (Eds.). *Artificial Intelligence. Second CCF International Conference, ICAI 2019, Xuzhou, China, August 22-23, 2019, Proceedings*, Springer Singapore, 2019. DOI 10.1007/978-981-32-9298-7.

50. Kondratenko, Y., et al. (2022) Machine Learning Techniques for Increasing Efficiency of the Robot's Sensor and Control Information Processing. In: *Sensors*, 22(3), 1062, doi: 10.3390/s22031062.

51. Kondratenko, Y., et al. (2021). Artificial Neural Networks for Recognition of Brain Tumors on MRI Images. In: Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1308. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77592-6_6.
52. Kondratenko, Yuriy P. Increasing Role of Artificial Intelligence in Human Activity: Development, Implementation, and Perspectives. Instituto de Espana, Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona, 2023, 88 p.
53. Kondratenko, Y., Kondratenko, G., Sidenko, I., Taranov, M. (2021) Fuzzy and Evolutionary Algorithms for Transport Logistics Under Uncertainty. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Sari, I., Cebi, S., Tolga, A. (eds) Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1197. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2_169.
54. Kovalevskyy, S., Kovalevska, O., Radosavljević, M. & Anđelković, M.: Ensuring the Life Cycle of Objects on the Basis of a Signature Approach. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS), Vol. 233 (2021) (Special Volume with: 7th International Conference "New Technologies" (NT-2021); Sarajevo, Bosnia and Herzegovina; 24-26 June 2021), pp. 458-468. ISSN 2367-3370 and ISBN 978-3-030-75274-3. doi: 10.1007/978-3-030-75275-0_51.
55. Kovalevskyy, S., Kovalevska, O. (2021) Identification and Technological Impact of Broadband Vibration on the Object. In: Tonkonogyi V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_8.
56. Mirza, N.M. (2020) Machine Learning and Soft Robotics. In: 21st International Arab Conference on Information Technology (ACIT), Giza, Egypt, pp. 1-5, doi: 10.1109/ACIT50332.2020.9300102.
57. M. Mitchell, 2019, Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans, Farrar, Straus and Giroux, pp. 3—34.
58. Morris K. Intel Achieves AI Nervana. All Apologies to GPUs and FPGAs. *Electronic Engineering Journal*. 2019, January 9, <https://www.eejournal.com/article/intel-achieves-ai-nervana>.
59. Y. Nikitin and O. Kulchytskyy, "Strategy of the development of Industry 4.0 in Ukraine: evaluation of the representatives of various organizations and companies of Ukraine", Technology audit and production reserves, vol. 4, no. 4(48), pp. 25-29, 2019.
60. Pankratova, N., Malishevsky, A., Pankratov, V. Cyber-physical systems operation with guaranteed survivability and safety under conditions of uncertainty and multifactor risks. Book Chapter 2 // In Springer book M. Zgurovsky and N. Pankratova (eds.), System Analysis & Intelligent Computing, Studies in Computational Intelligence 1022, 2022. P. 21–35. Scopus. doi:10.1007/978-3-030-94910-5_2, ISSN 1860-949X.
61. Pankratova, N.D. Creation of the physical model for cyber-physical systems // Lecture notes in networks and systems. 2020, 95. Book Chapter. Springer international publishing. Scopus. doi: 10.1007/978-3-030-34983-7. P.68-77.
62. Pankratova, N.D., Sholokhov, A.V. Development of the Robust Algorithm of Guaranteed Ellipsoidal Estimation and Its Application for Orientation of the Artificial Earth Satellite// Cybernetics and Systems Analysis, 55(1). – 2019. -C. 81-89. Scopus. DOI:10.1007/s10559-019-00114-x.
63. Julia Pisarenko, Kateryna Melkumian, Alexander Kryachek, Olga Gavrilyuk, Alexander Koval, About the organization of regional situational centers of the intellectual system “CONTROL_TEE” with the use of UAVs. ITHEA ISS] SoftEngine 2022, Image processing and computer vision. ABOUT MANUSCRIPTS FOR IJ ITA (ithea.org)

64. Ramazanov, S., Antoshkina, L., Babenko, V., Akhmedov, R. Integrated model of stochastic dynamics for control of a socio-ecological-oriented innovation economy (2019). *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 763-773.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v7i2.557>.
65. Sultan Ramazanov, Mariana Petrova. Development management and forecasting in a green innovative economy based on the integral dynamics model in the conditions of "Industry - 4.0". // *ACCESS Journal: Access to Science, Business, Innovation in Digital Economy (Online)* 2020, 1(1), P. 9-31.
66. Sultan Ramazanov, Vitalina Babenko, Oleksandr Honcharenk. Information technologies for the industrial management of objects in an innovative economy under conditions of instability and development of Industry 4.0. p. 147-170. // *Advanced Trends in ICT for innovative Business Management (1st ed.)*. Collect monogr CRC Press. 2021. – 298 p.
<https://doi.org/10.1201/9781003028932/>.
67. Rutkowski, L., Korytkowski, M., Scherer, R., Tadeusiewicz, R., Zadeh, L., Zurada, J. (eds) *Artificial Intelligence and Soft Computing. ICAISC 2017. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10245. Springer, Cham.
68. Yu., H., Shen, Z., Miao, C., Leung, C., Lesser, V.R., and Yang, Q. (2018). Building ethics into artificial intelligence. In *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI18)*, pages 5527–5533, Stockholm, Sweden.
<https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.07.2021.013>.
69. Shchokin V. The fuzzy logic controllers synthesis method in the vector control system of the wind turbine doubly-fed induction generator / Uskov, A., Shchokin, V., Mykhailenko, O., Kryvenko, O. // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – 166. 04006.
70. V.P. Shchokin, S.A. Kulish, V.I. Moshinskiy, I.A. Karapa and A.V. Karnauh "Investigation into near-contour stresses in stoping with backfilling by the polarization-optical method". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1049. 1(2022): 012004.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012004>.
71. Sheremet, A., Kondratenko, Y., Sidenko, I., Kondratenko, G. (2021) Diagnosis of Lung Disease Based on Medical Images Using Artificial Neural Networks. In: *IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, pp. 561-565,
doi: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575961.
72. The Ukrainian AI Strategy: Premises and Outlooks Online 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ruzomberok, Slovakia, 26-28 September 2022, pp. 511-515 DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913094. A. Shevchenko, M. Vakulenko, M. Klymenko.
URL:<https://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-021-01608-5>.
73. Sokoliuk, A., et al. (2020) Machine Learning Algorithms for Binary Classification of Liver Disease, in *IEEE International Conference on Problems of Infocommunications*. In: *Science and Technology (PIC S&T)*, pp. 417-421, doi: 10.1109/PICST51311.2020.9468051.
74. Stanley-Lockman, Zoe, and Christis, Edward Hunter. 2021. An artificial intelligence strategy for NATO. 25 October 2021.
75. Sopel, M., Stasyuk, O., Kuznetsov, V., Goncharova, L., Hubsnyi, P. Regina computer system for intelligent monitoring, diagnostics, and management of railway power supply systems *Diagnostyka* this link is disabled, 2021, 22(4), стр. 77–88 (Scopus) (Q3)
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191292791>.
76. Alexander I. Stasiuk, Lidiya L. Goncharova *Mathematical Models and Methods of Formation of Intelligent Computer Networks for Control of Power Supply and Optimization of Power Consumption of Railways*. *Journal of Automation and Information Sciences*. Begell House Inc. (CIIA), New York, Connecticut. Volume 50, 2018 Issue 8, pages 50-65.

77. Stasiuk A.I., Goncharova L.L. Mathematical Models of Computer Intellectualization of Technologies for Synchronous Phasor Measurements of Parameters of Electric Networks. *New Means Cybernetics, Informatics, Computers Engineering And Systems Analysis*. Springer Science+Business Media New York 2016. Volume 52, Issue 5, pp 825 -830.
78. Stasiuk A.I., Hryshchuk, R.V., Goncharova L.L. Mathematical differential models and methods for assessing the cybersecurity of computer networks intelligent control of technological processes of railway power supply. *New Means Cybernetics, Informatics, Computers Engineering And Systems Analysis*. Springer Science+Business Media New York 2018. Volume 54, Issue 4, February 2018, Pages 671-682.
79. Striuk, O., & Kondratenko, Y. (2021). Generative Adversarial Neural Networks and Deep Learning: Successful Cases and Advanced Approaches. *International Journal of Computing*, 20(3), 339-349. <https://doi.org/10.47839/ijc.20.3.2278>.
80. Tereshchenko, V., & Tereshchcenko, Y. (2021). Optimizing Algorithms of Text Detection on Images for Mobile Device Using Structural Approaches. In 8th International Scientific Conference "Information Technology and Implementation". vol. 3132, pp. 13-23. CEUR-WS. Scopus.
81. Vasyly Tereshchenko, Maksim Kovalchuk and Yaroslav Tereshchenko. Optimization of Algorithms for Simple Polygonizations//Lecture Notes in Networks and Systems: Communication and Intelligent Systems. – Springer. -2021, vol. 467. -P. 603-617. Scopus.
82. Vijayalakshmi, B.A., Ayyadurai, M., Nesasudha, M. (2021) Influence of Artificial Intelligence and Visible Light Communication in Autonomous Vehicles. In: 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPSC), Coimbatore, India, pp. 103-105, doi: 10.1109/ICSPSC51351.2021.9451713.
83. Chris Stokel-Walker and Richard Van Noorden. THE PROMISE AND PERIL OF GENERATIVE AI. *Nature*, vol. 614, 9 February 2023, pp. 214-216.
84. Chris Stokel-Walker. CHATGPT LISTED AS AUTHOR ON RESEARCH PAPERS. *Nature*, vol. 613, 26 January 2023, pp. 620-621.
85. Wang J. (2022) Research on the Application of Artificial Intelligence Technology and Process Control Robots in Food Processing. In: Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS), Coimbatore, India, pp. 25-28, doi: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742841.
86. What could be the sense of human life? Online 1st International Scientific and Practical Conference «Science and education in progress», October 26-28, 2022, pp.
87. Alexandra Witze. Will an AI be the first to discover alien life? *Nature*, vol. 614, 9 February 2023, p. 208.

Наукове видання

За загальною редакцією А. І. Шевченка

**СТРАТЕГІЯ
РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Монографія

На першій сторінці обкладинки - колаж з відкритих джерел і
назва монографії
«Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» двоїчним кодом
українською і англійською версіями

Відповідальний редактор Вакуленко М.О.
Технічний редактор Немцевич А.І.
Переклад: Золкіна А.С., Шевченко Т.С.

Підп. до друку 14.03.23. Формат 60x84/16
Папір офсет. Ум. друк. арк. 33,00
Наклад 500 пр. Зам. № 034/23
Виготовлено в друкарні «Про формат»
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
ДК № 5942 від 11 січня 2018 р.

Видавництво «Наука і освіта»
Україна, 01001, м. Київ, вул. Мала Житомирська, буд. 11, оф. 5а
Тел./факс: +38 (044) 2783759, +38 (050) 0710120,
e-mail: ipai.kiev@gmail.com www.ipai.net.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи № 444, серія ДК від 08.05.2001 р.

Scientific publication

Under the general editorship of A. Shevchenko

STRATEGY FOR ARTIFICIAL DEVELOPMENT IN UKRAINE

Monograph

On the first page of the cover there is a collage from open sources and title of the monograph «Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine» in binary code in Ukrainian and English.

Executive editor Vakulenko M.
Technical editor Nemtsevykh A.
Translation: Zolkina A., Shevchenko T.

Signed for printing 14.03.23. Format 60x84/16
Woodfree uncoated paper (WFU) Sheet Size 60x90 33,00
Circulation of 500 copies Order No. 034/23
Printing house «Pro format»
Registration Certificate ДК № 5942 issued on 11 January 2018

Publishing House «Nauka i Osvita»
Ukraine, 01001, Kyiv, Mala Zhytomyrska Street, 11, office 5a
Tel./fax: +38 (044) 2783759, +38 (050) 0710120,
e-mail: ipai.kiev@gmail.com www.ipai.net.ua
Certificate of the Subject of Publishing No. 444, ДК issued on 08.05.2001