

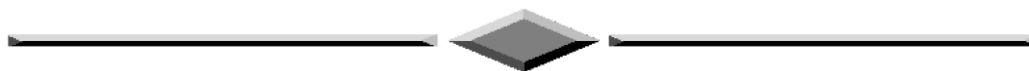
ISSN 2710 – 1681 (ONLINE)

ISSN 2710 – 1673 (PRINT)

National Academy of Sciences of Ukraine
Institute of Artificial Intelligence Problems MES of Ukraine and NAS of Ukraine

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

2022 № 2 (94)



Національна академія наук України
Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

2022 № 2 (94)



KYIV 2022

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF

SHEVCHENKO Anatolii Ivanovych

Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, 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, Ukraine
ipai.kiev@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-0095-538X>
Scopus Author ID: 57188766815

ASSOCIATE EDITOR

BILOKOBYSKY Oleksandr Volodymyrovych

Doctor of Philosophy, Professor, Head of the Department 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, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-0139-4748>

EXECUTIVE SECRETARY

VAKULENKO Maksym Olegovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, leading researcher of the Institute of Artificial Intelligence Problems, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-0772-7950>
Scopus Author ID: 57191078619

EDITORIAL BOARD MEMBERS

BOYUN Vitalii Petrovych

Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Head of the Department of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-3932-3558>
Scopus Author ID: 6505900928

BRYTSKYI Oleksandr Ihorovych

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Institute for Information Recording of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-1081-7543>

GUPAL Anatolii Mykhailovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Head of the Department of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-2011-4040>
Scopus Author ID: 15750518500

ZADIRAKA Valerii Kostiantynovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Head of the Department of Numerical Analysis Optimization of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, Deputy Academician-Secretary of the Department of Informatics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-9628-0454>
Scopus Author ID: 14062655100

KISELYOVA Olena Mykhailivna

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine, Dean of the Faculty of Applied Mathematics, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-4303-1707>
Scopus Author ID: 7103102844

KONDRATENKO Yurii Panteleiovych

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-7736-883X>
Scopus Author ID: 6602324472
Researcher ID: T-5296-2017

KRAK Yurii Vasyliovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Head of the Department of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-8043-0785>

KUZNETSOV Mykola Yuriiiovych

Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Head of the Department of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-8447-7863>
Scopus Author ID: 8982745600

PALAGIN Oleksandr Vasylovych

Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Deputy Director of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-3223-1391>
Scopus Author ID: 8251028900

PANKRATOVA Nataliia Dmytrivna

Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Deputy Director of Research, Educational and Research Complex Institute for Applied Systems Analysis of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-6372-5813>
Scopus Author ID: 7004316033
Researcher ID: E-7148-2018

PEPELYAYEV Volodymyr Anatoliiovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-5936-7830>
Scopus Author ID: 8967548400

RAMAZANOV Sultan Kurbanovych

Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-8847-6200>
Scopus Author ID: 57210346169

SUBBOTIN Serhii Oleksandrovych

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Zaporizhia National Technical University, Zaporizhia, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-5814-8268>
Scopus Author ID: 7006531104
Researcher ID: K-4862-2017

STETSYUK Petro Ivanovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-4036-2543>
Scopus Author ID: 12785999500

TERESHCHENKO Vasyly Mykolaiovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-7639-2969>
Scopus Author ID: 35319035700

KHIMICH Oleksandr Mykolaiovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Academician-Secretary of the Informatics Department of the National Academy of Sciences of Ukraine, Deputy Director of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-8103-4223>
Scopus Author ID: 57209683749

CHERTOV Oleh Romanovych

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0003-0087-1028>
Scopus Author ID: 57206489823

CHETVERIKOV Gryhorii Gryhorovych

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-5293-5842>
Scopus Author ID: 55386924000

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

AMJADIAN Ehsan

Doctor of Philosophy, Professor, Director of AI & Technology - Royal Bank of Canada, Toronto, Ontario, Canada
<http://orcid.org/0000-0002-4400-6717>
Scopus Author ID: 57195446822

VALENTI Vincenzo

Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Integrated Medicine and Biophysics «Giuseppe Martinez» Federiciana Università Popolare Clinic of Integrative Medicine and Biophysics, Florence, Italy

VUYCYK Valdemar

Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute of Electronics and Information Technologies of the Lublin University of Technology, Lublin, Poland
<http://orcid.org/0000-0002-6473-9627>
Scopus Author ID: 7005121594

SIEGEL Melanie

Doctor of Technical Sciences, Professor, University of Applied Sciences (Computer Linguistics), Darmstadt, Germany
<http://orcid.org/0000-0002-3517-8488>
Scopus Author ID: 56808730600

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradylovych

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor, General Director of the Institute of Information and Computational Technologies of the Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan
<http://orcid.org/0000-0003-0025-8880>
Scopus Author ID: 56153126500

KATSPZHYK Yanush Oleksandrovych

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Head of the Laboratory of the Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland; Scopus Author ID: 7007041453
<http://orcid.org/0000-0001-7990-4296>

KUC Roman Oleksandrovyh

Doctor of Engineering, Professor, Sub-Dean of the Yale
School of Engineering and Applied Science, New
Haven, USA
<http://orcid.org/0000-0001-7990-4296>

MOSKALEV Andrei Anatoliyevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Director
General of «CEO Integrated Technology Laboratory
LLC», Toronto, Canada

Co-founders:

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
Founded in 1995

Certificate of registration of KB № 24609-14549 IIP from 26.11.2020

The archive of the journal is available in “Scientific Periodicals of Ukraine”
on the website of Vernadsky National Library of Ukraine
A digital reproduction of the journal is published on the IAIP (Institute of Artificial Intelligence Problems)
website (<http://www.ipai.net.ua>). Journal «Artificial Intelligence» is published 2 times a year.
The articles are published in Ukrainian and English. DOI: <https://doi.org/10.15407/jai2022.02>

Editorial and publishing department:

Tel. +38-044-248-06-23; e-mail: ipai.kiev@gmail.com; aipijournal@gmail.com
Computer typesetting: Nemtsevich A.I. Translation: Zolkina A.S.
Given to type-setting 29.12.2022. Passed for printing. 29.12.2022. Format 70×108/16.
Publisher's signature 3,6. Circulation 150 copies.

The journal "Artificial Intelligence" registered in the list of specialized editions of Ukraine, where
main dissertations results for the scientific degree in the area of engineering science and physics &
mathematics are published (Order of MES of Ukraine dated by 15.04.2021, № 420).
The journal is indexed in Google Scholar, ICI Journals Master List, Ulrich's Periodicals Directory,
DOAJ, World Cat, COPE, Journal Factor, Info Base Index, Academia Edu, Internet Archive, Autor
AID, Open Academic Journals Index, ACM Digital Library, GIGA Information Centre, IAEA'S
NUCLEUS

Make-up page was made by the editorial and publishing department of the
Institute of Artificial Intelligence Problems MES of Ukraine and NAS of Ukraine,
Ukraine, Kyiv, ac. Hlyshkov av., 40
Tel. +38-044-278-37-59 <http://www.ipai.net.ua>,
e-mail: ipai.kiev@gmail.com e-mail: aipijournal@gmail.com

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

ШЕВЧЕНКО Анатолій Іванович

доктор технічних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, директор Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-0095-538X>,
Scopus Author ID: 57188766815
ipai.kiev@gmail.com

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

БЛОКОБИЛЬСЬКИЙ Олександр

Володимирович

доктор філософських наук, професор, завідувач відділом Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-0139-4748>

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

ВАКУЛЕНКО Максим Олегович

кандидат фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник ПІШІ, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-0772-7950>
Scopus Author ID: 57191078619

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

БОЮН Віталій Петрович

доктор технічних наук, академік Національної академії наук України, професор, завідувач відділом Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-3932-3558>
Scopus Author ID: 6505900928

БРИЦЬКИЙ Олександр Ігорович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту проблем реєстрації інформації Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-1081-7543>

ГУПАЛ Анатолій Михайлович

доктор фізико-математичних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, завідувач відділом Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-2011-4040>
Scopus Author ID: 15750518500

ЗАДІРАКА Валерій Костянтинівич

доктор фізико-математичних наук, академік Національної академії наук України, професор, завідувач відділу № 140 оптимізації чисельних методів Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова, замісник академіка-секретаря Відділення «Інформатика» Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-9628-0454>
Scopus Author ID: 14062655100

КІСЕЛЬОВА Олена Михайлівна

доктор фізико-математичних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, академік Академії наук вищої школи України, декан факультету прикладної математики Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, м.Дніпро, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-4303-1707>
Scopus Author ID: 7103102844

КОНДРАТЕНКО Юрій Пантелійович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою інтелектуальних інформаційних систем факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету ім. Петра Могили, м.Миколаїв, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-7736-883X>
Scopus Author ID: 6602324472
ResearcherID: T-5296-2017

КРАК Юрій Васильович

доктор фізико-математичних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, завідувач кафедрою теоретичної кібернетики факультету комп'ютерних наук та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-8043-0785>
Scopus Author ID: 6602577533

КУЗНЄЦОВ Микола Юрійович

доктор технічних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, професор, завідувач відділом Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-8447-7863>
Scopus Author ID: 8982745600

ПАЛАГІН Олександр Васильович

доктор технічних наук, академік Національної академії наук України, професор, заступник директора Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-3223-1391>
Scopus Author ID: 8251028900

ПАНКРАТОВА Наталія Дмитрівна

доктор технічних наук, член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи Інституту прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-6372-5813>
Scopus Author ID: 7004316033
Researcher ID: E-7148-2018

ПЕПЕЛЯЄВ Володимир Анатолійович

доктор фізико-математичних наук, завідувач відділом Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-5936-7830>
Scopus Author ID: 8967548400

РАМАЗАНОВ Султан Курбанович

доктор технічних наук, доктор економічних наук, професор Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-8847-6200>
Scopus Author ID: 57210346169

СУББОТІН Сергій Олександрович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою програмних засобів Інституту інформатики та радіоелектроніки Запорізького національного технічного університету, м.Запоріжжя, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-5814-8268>
Scopus Author ID: 7006531104
ResearcherID: K-4862-2017

СТЕЦЮК Петро Іванович

доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-4036-2543>
Scopus Author ID: 12785999500

ТЕРЕЩЕНКО Василь Миколайович

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедрою математичної інформатики факультету комп'ютерних наук та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-7639-2969>
Scopus Author ID: 35319035700

ХІМІЧ Олександр Миколайович

доктор фізико-математичних наук, професор, академік-секретар Відділення інформатики Національної академії наук України, заступник директора Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії

наук України, м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-8103-4223>
Scopus Author ID: 57209683749

ЧЕРТОВ Олег Романович

доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедрою прикладної математики факультету прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені І.Сікорського», м.Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0003-0087-1028>
Scopus Author ID: 57206489823

ЧЕТВЕРИКОВ Григорій Григорович

доктор технічних наук, професор Харківського національного університету радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, м.Харків, Україна
<http://orcid.org/0000-0001-5293-5842>
Scopus Author ID: 55386924000

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

АМДЖАДЯН Ейсан

доктор філософії, професор, директор відділення штучного інтелекту та технологій Королівського банку Канади, м.Торонто, Онтаріо, Канада
<http://orcid.org/0000-0002-4400-6717>
Scopus Author ID: 57195446822

ВАЛЕНЦІ Вінченцо

доктор медичних наук, професор, директор департаменту інтегративної медицини та біофізики «Джузеппе Мартінес» Популярного університету імені Федеріціані. Клініка інтегративної медицини та біофізики, м.Флоренція, Італія

ВУЙЦИК Вальдемар

доктор технічних наук, професор, директор Інституту електроніки та інформаційних технологій Люблінської політехніки, м.Люблін, Польща
<http://orcid.org/0000-0002-6473-9627>
Scopus Author ID: 7005121594

ЗІГЕЛЬ Меланія

доктор технічних наук, професор, Університет прикладних наук (спеціальність «Комп'ютерна лінгвістика»), м.Дармштадт, Німеччина
<http://orcid.org/0000-0002-3517-8488>
Scopus Author ID: 56808730600

КАЛІМОЛДАЄВ Максат Нурадилович

доктор фізико-математичних наук, академік Національної академії наук Республіки Казахстан, професор, Генеральний директор РГП «Інститут інформаційних і обчислювальних технологій КН МОН РК, м.Алмати, Казахстан
<http://orcid.org/0000-0003-0025-8880>
Scopus Author ID: 56153126500

КАЦПЖИК Януш Олександрович

доктор технічних наук, професор, академік,
керівник лабораторії Інституту системних
досліджень Польської академії наук,
м.Варшава, Польща

КУЦ Роман Олександрович

доктор технічних наук, професор, заступник декана
Школи інженерії та прикладної науки Єльського
університету, м.Нью-Гейвен, США
<http://orcid.org/0000-0001-7990-4296>
Scopus Author ID: 7007041453

Співзасновники:

Національна академія наук України
Інститут проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки
України і Національної академії наук України
Заснований у 1995 році

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 24609-14549 ПР від 26.11.2020

На вебсторінці Національної бібліотеки імені В.І. Вернадського у рубриці
«Наукова періодика України» розміщений архів журналу.
Електронна копія журналу розміщується на вебсторінці ІПШІ (<http://www.ipai.net.ua>).
Науковий журнал «Штучний інтелект» друкується 2 рази на рік.
У журналі публікуються статті українською, англійською мовами.
DOI: <https://doi.org/10.15407/jai2022.02>.

Редакційно-видавничий відділ:

тел. +38-044-248-06-23; e-mail: ipai.kiev@gmail.com; aijournal@gmail.com

Комп'ютерна верстка: Немцевич А.І. Переклад: Золкіна А.С.

Здано до набору 29.12.2022. Підписано до друку 29.12.2022. Формат 70×108/16.

Обл.-вид. арк. 3,6. Наклад 150 прим.

Журнал «Штучний інтелект» внесено до переліку фахових видань України, в яких публікуються основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів з фізико-математичних та технічних наук (Наказ МОН України від 15.04.2021 р. № 420).

Журнал індексується Google Scholar, ICI Journals Master List, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, World Cat, COPE, Journal Factor, Info Base Index, Academia Edu, Internet Archive, Autor AID, Open Academic Journals Index, ACM Digital Library, GIGA Information Centre, IAEA'S NUCLEUS

Оригінал-макет виготовлено в редакційно-видавничому відділі
Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України,
Україна, м.Київ, пр. Академіка Глушкова, 40,
Тел. +38-044-278-37-59; <http://www.ipai.net.ua>,
e-mail: ipai.kiev@gmail.com