

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Науковий збірник

Том 30,
№ 2. 2025

ЧЕРКАСИ
2025

ISSN: 2306-4412
E-ISSN: 2708-6070

Засновник:

Черкаський державний технологічний університет

Рік заснування: 1996

*Рекомендовано до друку та поширення через мережу
Інтернет Вченою радою Черкаського державного
технологічного університету (протокол № 12 від 16
червня 2025)*

Державна реєстрація: Ідентифікатор медіа R30-04613.

Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення
№ 1916, протокол № 17 (30.05.2024).

Науковий збірник входить до переліку наукових фахових видань України

Категорія «Б». Спеціальність:

технічні фізико-математичні (Наказ Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020):
113 Прикладна математика, 121 Інженерія програмного забезпечення, 122 Комп'ютерні науки, 123
Комп'ютерна інженерія, 125 Кібербезпека та захист інформації,
126 Інформаційні системи та технології, 131 Прикладна механіка, 132 Матеріалознавство,
133 Галузеве машинобудування, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології,
152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка,
172 Телекомунікації та радіотехніка; технічні (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1188
від 24.09.2020): 101 Екологія, 161 Хімічні технології та інженерія

**Науковий збірник представлено у міжнародних наукометричних базах даних,
репозитаріях та пошукових системах:** Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Crossref,
CiteFactor, Litmaps, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat,

J-Gate, Open Ukrainian Citation Index (OUCI),
Наукова періодика України, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського (НБУВ),
Dimensions, UCSB Library, Google Академія, German Union Catalogue of Serials (ZDB),
Бібліотека Університету Осло, Бібліотека Університету Халла,
SOLO - Search Oxford Libraries Online, Інститут Європейського університету, Бібліотека
Лейпцизького університету (UBL), Бібліотека Кембриджського університету

Адреса редакції:

Черкаський державний технологічний університет
18006, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна
E-mail: info@bulletin-chstu.com.ua
<https://bulletin-chstu.com.ua/uk>

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
CHERKASY STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY



BULLETIN
OF CHERKASY STATE
TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Scientific Collection

Volume 30,
No. 2. 2025

CHERKASY
2025

ISSN: 2306-4412
E-ISSN: 2708-6070

Founder:

Cherkasy State Technological University

Year of foundation: 1996

*Recommended for printing and distribution
via the Internet by the Academic Council
of Cherkasy State Technological University
(Minutes No. 12 of June 16, 2025)*

State Registration: Media identifier R30-04613.

Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine
No. 1916, Minutes No. 17, dated 30.05.2024.

The scientific collection is included in the list of Professional Scientific Publications of Ukraine

Category "B". Specialties: technical, physical and mathematical (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 886 of 02.07.2020): 0541 Mathematics, 0612 Database and network design and administration, 0613 Software and applications development and analysis, 0714 Electronics and automation, 0715 Mechanics and metal trades, 0716 Motor vehicles, ships and aircraft, 0788 Inter-disciplinary programmes and qualifications involving engineering, manufacturing and construction; technical (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1188 of 24.09.2020): 0521 Environmental sciences, 0522 Natural environments and wildlife, 0711 Chemical engineering and processes

The scientific collection is presented in the international scientometric databases, repositories and scientific systems:

Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Crossref, CiteFactor, Litmaps, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, J-Gate, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Scientific Periodicals of Ukraine, Vernadsky National Library of Ukraine (VNLU), Dimensions, UCSB Library, Google Scholar, German Union Catalogue of Serials (ZDB), University of Oslo Library, University of Hull Library, SOLO - Search Oxford Libraries Online, European University Institute, Leipzig University Library (UBL), Cambridge University Library

Editors office address:

Cherkasy State Technological University
18006, 460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, Ukraine
E-mail: info@bulletin-chstu.com.ua
<https://bulletin-chstu.com.ua/en>

Редакційна колегія

Головний редактор:
Еміль Фауре

Доктор технічних наук, професор кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Заступник головного редактора

Джаміль Аль-Аззех

Доктор філософії у галузі комп'ютерної інженерії, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Прикладний університет Аль-Балка, Йорданія

Національні члени редколегії:

Володимир Артемчук

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України, Україна

Юлія Бондаренко

Кандидат технічних наук, професор, старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Україна

Вячеслав Ващенко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізики, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Сергій Заболотній

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій, Черкаський державний бізнес-коледж, Україна

Валентина Лукашенко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Максим Мусієнко

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій навчально-наукового інституту інформаційних та освітніх технологій Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Україна

Володимир Палагін

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та інформаційно-телекомунікаційних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Євген Федоров

Доктор технічних наук, професор кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Наталія Бойко

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри систем штучного інтелекту, Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Костянтин Базіло

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна

Міжнародні члени редколегії:

Казис Римантас Йонас

Доктор технічних наук, професор, керівник Інституту ультразвуку, академік Академії наук Литви, Каунаський технологічний університет, Литва

Максим Явіч

Доктор філософії, професор, Кавказький університет, Грузія

Томас Ганне

Кандидат економічних наук, професор, професор інформаційних систем, Університет прикладних наук і мистецтв Північно-Західної Швейцарії, Швейцарія

Дженгіз Хакан Айдін

Доктор філософії у галузі відкритої освіти, професор, Анатолійський університет, Туреччина

Вітор А. Кунья

Доктор філософії, дослідник, Університет Авейру, Португалія

Міжнародні члени редколегії:

Сірє Віркус

Доктор філософії у галузі інформаційних та комунікаційних досліджень, професор, професор інформаційних наук Школи цифрових технологій, Талліннський університет, Естонія

Теро Вартяйнен

Доктор філософії у галузі інформаційних систем, професор, професор факультету технологій та інновацій, Університет Вааса, Фінляндія

Іцхак Авів

Доктор філософії у галузі інженерії вимог до складних систем, асистент-професор Школи інформаційних систем, Академічний коледж Тель-Авіва-Яффо, Ізраїль

Editorial Board

Editor-in-Chief:**Emil Faure**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Security and Computer Engineering, Vice-Rector for Research and International Relations, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Deputy Editor-in-Chief**Jamil Al Azzeh**

PhD in Computer Engineering, Professor, Professor of the Computer Engineering Department, Al-Balqa' Applied University, Jordan

National Members of the Editorial Board:**Volodymyr Artemchuk**

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

Iuliia Bondarenko

PhD in Technical Sciences, Professor, Senior Researcher at the State Research Institute for Testing and Certification of Arms and Military Equipment, Ukraine

Viacheslav Vashchenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physics, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Serhii Zabolotnii

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Engineering and Information Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Valentyna Lukashenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Robotics and Specialised Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Maksym Musienko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of the Educational and Research Institute of Information and Educational Technologies of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Volodymyr Palahin

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Radio Engineering and Information and Telecommunication Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Eugene Fedorov

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Robotics and Specialised Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Kostiantyn Bazilo

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerised Technologies, Cherkasy State Technological University, Ukraine

Nataliya Boyko

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Artificial Intelligence Systems, Institute of Computer Science and Information Technologies, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

International Members of the Editorial Board:**Kažys Rymantas Jonas**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Ultrasound Institute, Academician of the Lithuanian Academy of Sciences, Kaunas University of Technology, Lithuania

Maksim Iavich

Doctor of Philosophy, Professor, Caucasus University, Georgia

Thomas Hanne

PhD in Economic Sciences, Professor, Professor of Information Systems, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, Switzerland

Cengiz Hakan Aydın

PhD in Open Education, Professor, Anadolu University, Turkey

Vitor A. Cunha

PhD, Researcher, University of Aveiro, Portugal

International Members of the Editorial Board:

Sirje Virkus

PhD in Information and Communication Studies, Professor, Professor of Information Science, Tallinn University, Estonia

Tero Vartiainen

PhD in Information Systems, Professor, Professor at the Faculty of Technology and Innovation, University of Vaasa, Finland

Itzhak Aviv

PhD in Requirements Engineering of Complex Systems, Assistant Professor, Assistant Professor of the School of Information System, The Academic College of Tel Aviv-Yaffo, Israel