

*ISSN 2710-0766*  
*DOI 10.31891/CSIT*

THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

***COMPUTER SYSTEMS  
AND INFORMATION  
TECHNOLOGIES***

***No 2-2024***

---

---

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

***КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ***

2024

# COMPUTER SYSTEMS AND INFORMATION TECHNOLOGIES

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

Professional publication of category "B"

*Published since 2020 year*

*Four time a year*

---

**Khmelnytskyi, 2024, № 2 (15)**

---

**Establishers:** Khmelnytskyi National University (Ukraine)

**Associated establisher:** Institute of Information Technologies (Slovakia)

National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky <http://nbuv.gov.ua/j-tit/csit>

The journal is included in scientometric databases:

Index Copernicus <https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=69998&lang=en>

Google Scholar <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=HW1XpMsAAAAJ>

CrossRef <http://doi.org/10.31891/CSIT>

**Editors** **Hovorushchenko T.**, Doctor of engineering sciences, Professor, Head of the Department of Computer Engineering and Information Systems Khmelnytskyi National University (Ukraine)

**Head editorial board** **Savenko, O.**, Doctor of engineering sciences, Professor of the Department of Computer Engineering and Information Systems, Dean of the Faculty of Information Technologies, Khmelnytskyi National University (Ukraine)

**Executive secretary** **Lysenko S.**, Doctor of engineering sciences, Professor of the Department of Computer Engineering and Information Systems Department, Khmelnytskyi National University (Ukraine)

## Editorial board:

**Hovorushchenko T.**, Doctor of engineering sciences (Khmelnytskyi, Ukraine), **Savenko O.**, Doctor of engineering sciences (Khmelnytskyi, Ukraine), **Barmak O.**, Doctor of engineering science (Khmelnytskyi, Ukraine), **Lysenko S.**, Doctor of engineering sciences (Khmelnytskyi, Ukraine), **Peter Popov**, PhD (London, Great Britain), **Piotr Gaj**, Dr hab inż (Gliwice, Poland), **Anatolii Gorbenko**, DrSc, Professor (Leeds, Great Britain), **Andrzej Kotyra**, Dr hab inż, Professor (Lublin, Poland), **Andrzej Kwiecień**, Dr hab inż, Professor (Gliwice, Poland), **George Markowsky**, PhD in Mathematics, Professor of Computer Science (Missouri, USA), **Sergii Babichev**, DrSc, Professor (Ústí nad Labem, Czech Republic), **Krak Iu.**, Doctor of mathematics and physics sciences (Kyiv, Ukraine), **Yatskiv V.**, Doctor of engineering sciences (Ternopil, Ukraine), **Pastukh O.**, Doctor of engineering sciences (Ternopil, Ukraine), **Romankevich V.**, Doctor of engineering sciences (Kyiv, Ukraine), **Sachenko A.**, Doctor of engineering sciences (Ternopil, Ukraine), **Korobchynskyi M.**, Doctor of engineering sciences (Kyiv, Ukraine), **Bisikalo O.**, Doctor of engineering sciences (Vinnytsia, Ukraine), **Maevsky D.**, Doctor of engineering sciences (Odesa, Ukraine), **Zharikova M.**, Doctor of engineering sciences (Kherson, Ukraine), **Sherstjuk V.**, Doctor of engineering sciences (Kherson, Ukraine), **Berezsky O.**, Doctor of engineering sciences (Ternopil, Ukraine), **Yakovyna V.**, Doctor of engineering sciences (Lviv, Ukraine), **Lupenko S.**, Doctor of engineering sciences (Ternopil, Ukraine), **Shilo G.**, Doctor of engineering sciences (Zaporizhzhya, Ukraine), **Bobrovnikova K.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine), **Nicheporuk A.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine), **Hnatchuk Y.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine), **Medzatyi D.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine), **Perepelitsyn A.**, PhD (Kharkiv, Ukraine), **Illiashenko O.**, PhD (Kharkiv, Ukraine), **Izonin I.**, PhD (Lviv, Ukraine), **Horiashchenko S.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine), **Boyarchuk A.**, PhD (Kharkiv, Ukraine), **Pavlova O.**, PhD (Khmelnytskyi, Ukraine)

Technical editor **Kravchik Yu**, PhD.

**Recommended for publication by the decision of the Academic Council of Khmelnytskyi National University, protocol № 15 from 27.06.2024**

**Editorial board address:** International scientific journal "Computer Systems and Information Technologies", Khmelnytskyi National University, Institutska str. 11, Khmelnytskyi, 29016, Ukraine

**☎** (0382) 67-51-08

**e-mail:** [csit.khnu@gmail.com](mailto:csit.khnu@gmail.com)

**web:** <http://csitjournal.khmnu.edu.ua/>  
[http://lib.khnu.km.ua/csit\\_khnu.htm](http://lib.khnu.km.ua/csit_khnu.htm)

Registered by the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting

Media ID: R30-03986

Decision of the National Council of April 25, 2024 No. 1373

© Khmelnytskyi National University, 2024  
© Editorial board "Computer Systems and Information Technologies", 2024

# КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Фахове видання категорії "Б". Наказ Міністерства освіти і науки України про затвердження рішень  
Атестаційної колегії №420 від 19.04.2021 року

*Засновано в 2020 р.*

*Виходить 4 рази на рік*

---

**Хмельницький, 2024, № 2 (15)**

---

**Засновник і видавець:** Хмельницький національний університет (Україна)

**Асоційований співзасновник:** Інститут інформаційних технологій (Словаччина)

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-tit/csit>

Журнал включено до наукометричних баз:

**Index Copernicus** <https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=69998&lang=en>

**Google Scholar** <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=HW1XpMsAAAAJ>

**CrossRef** <http://doi.org/10.31891/CSIT>

**Головний редактор** **Говорущенко Т. О.**, д. т. н., професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету

**Заступник головного редактора.** **Савенко О. С.**, д. т. н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, декан факультету інформаційних технологій Хмельницького національного університету

**Голова редакційної колегії**

**Відповідальний секретар** **Лисенко С. М.**, д. т. н., професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету

### Ч л е н и р е д к о л е г і ї

**Говорущенко Т.О.**, д. т. н., **Савенко О.С.**, д. т. н., **Бармак О. В.** д. т. н., **Лисенко С.М.** д. т. н., **Пітер Попов**, доктор філософії (Лондон, Велика Британія), **Пьотр Гай**, д. т. н. (Глівіце, Польща), **Анатолій Горбенко**, д. т. н. (Лідс, Велика Британія), **Анджей Котира**, д. т. н. (Люблін, Польща), **Анджей Квечен**, д. т. н. (Глівіце, Польща), **Джордж Марковський**, к. ф.-м. н. (Міссурі, США), **Сергій Бабічев** (Усті над Лабем, Чехія), **Крак Ю.В.** д. ф.-м. н., **Яцків В. В.** д. т. н., **Пастух О.А.**, д. т. н., **Романкевич В.О.**, д. т. н., **Саченко А.О.**, д. т. н., **Коробчинський М.В.**, д. т. н., **Бісікало О.В.**, д. т. н., **Маєвський Д.А.**, д. т. н., **Жарікова М.В.**, д. т. н., **Шерстюк В.Г.**, д. т. н., **Березький О.М.**, д. т. н., **Яковина В.С.**, д. т. н., **Лупенко С.А.**, д. т. н., **Шило Г.М.**, д. т. н., **Бобровнікова К.Ю.**, к. т. н., **Нічепорук А.О.**, к. т. н., **Гнатчук Є.Г.**, к. т. н., **Медзатий Д.М.**, к. т. н., **Перепелицин А.Є.**, к. т. н., **Ілляшенко О.О.**, к. т. н., **Ізонін І.В.**, к. т. н., **Горященко С.Л.**, к. т. н., **Боярчук А.В.**, к. т. н., **Павлова О.О.**, д.ф.

*Технічний редактор* **Кравчик Ю. В.**, к. е. н., доцент

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 15 від 27.06.2024

**Адреса редакції:** Україна, 29016,  
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,  
Хмельницький національний університет  
редакція журналу "Комп'ютерні системи та інформаційні технології"

 (0382) 67-51-08

**e-mail:** [csit.khnu@gmail.com](mailto:csit.khnu@gmail.com)

**web:** <http://csitjournal.khnu.edu.ua/>  
[http://lib.khnu.km.ua/csit\\_khnu.htm](http://lib.khnu.km.ua/csit_khnu.htm)

Зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення

Ідентифікатор медіа : R30-03986

Рішення Національної ради від 25.04.2024 №1373

© Хмельницький національний університет, 2024

© Редакція журналу "Комп'ютерні системи та інформаційні технології", 2024