

ISSN 1727-6209 (Print)  
ISSN 2312-5381 (Online)

**RESEARCH INSTITUTE FOR INTELLIGENT COMPUTER SYSTEMS  
TERNOPII NATIONAL ECONOMIC UNIVERSITY  
IN COOPERATION WITH  
V.M. GLUSHKOV INSTITUTE FOR CYBERNETICS,  
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, UKRAINE**



---

---

**International Journal of**

**Computing**

**Published since 2002**

**March 2018, Volume 17, Issue 1**

---

---



Ternopil – 2018

# International Journal of Computing

March 2018, Vol. 17, Issue 1

Research Institute for Intelligent Computer Systems, Ternopil National Economic University

## Editorial Board

### EDITOR-IN-CHIEF

**Anatoly Sachenko**

Ternopil National Economic University,  
Ukraine

### EXECUTIVE EDITOR

**Volodymyr O. Turchenko**

University of Toronto, Canada

### ASSOCIATE EDITORS

**Robert Hiromoto**

University of Idaho, USA

**Volodymyr Kochan**

Ternopil National Economic University,  
Ukraine

### INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD MEMBERS

**Dora Blanco Heras**

University of Santiago de Compostela,  
Spain

**Yevgeniy Bodyanskiy**

Kharkiv National University of Radio  
Electronics, Ukraine

**Kent A. Chamberlin**

University of New Hampshire, United  
States

**Dominique Dallet**

University of Bordeaux, France

**Pasquale Daponte**

University of Sannio, Italy

**Richard J. Duro**

Universidad de Coruña, Spain

**Mykola Dyvak**

Ternopil National Economic University,  
Ukraine

**Vladimir Golovko**

Brest State Technical University, Belarus

**Sergei Gorlatch**

University of Muenster, Germany

**Lucio Grandinetti**

University of Calabria, Italy

**Domenico Grimaldi**

University of Calabria, Italy

**Uwe Grossmann**

Dortmund University of Applied Sciences  
and Arts, Germany

**Vladimir Haasz**

Czech Technical University in Prague,  
Czech Republic

**John A Kalomiro**

Technological Educational Institute of  
Central Macedonia, Greece

**Vyacheslav Kharchenko**

National Aerospace University KhAI,  
Ukraine

**Yury Kolokolov**

Orel State University, Russian Federation

**Yuriy Kondratenko**

Petro Mohyla Black Sea National  
University, Ukraine

**Igor Kotenko**

St.Petersburg Institute for Informatics and  
Automation of the Russian Academy of  
Sciences, Russian Federation

**Nataliia Kussul**

Space Research Institute, National  
Academy of Sciences, Ukraine

**Theodore Laopoulos**

Aristotle University of Thessaloniki,  
Greece

**Fernando Lopez Peña**

University of la Coruña, Spain

**Kurosh Madani**

University Paris-Est Creteil, France

**George Markowsky**

Missouri University of Science and  
Technology, United States

**Vladimir Oleshchuk**

University of Agder, Norway

**Sigeru Omatu**

Osaka Institute of Technology, Japan

**Oleksandr Palagin**

V.M. Glushkov Institute for Cybernetics,  
National Academy of Sciences, Ukraine

**José Miguel Costa Dias Pereira**

Escola Superior de Tecnologia de Setúbal,  
Portugal

**Dana Petcu**

West University of Timisoara, Romania

**Vincenzo Piuri**

Universita' degli Studi di Milano, Italy

**Andrzej Rucinski**

University of New Hampshire, United  
States

**Juergen Sieck**

HTW - University of Applied Sciences  
Berlin, Germany

**Axel Sikora**

Hochschule Offenburg, Germany

**Rimvydas Simutis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Tarek M. Sobh**

University of Bridgeport, United States

**Grigore Stamatescu**

University "Politehnica" of Bucharest

**Linas Svilainis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Yuliya Tarabalka**

Inria Sophia-Antipolis Méditerranée,  
France

**Jüri Vain**

Tallinn University of Technology, Estonia

**Wieslaw Winiński**

Warsaw University of Technology,  
Poland

**Janusz Zalewski**

Florida Gulf Coast University, United  
States

### Address of the Editorial Board

Research Institute for Intelligent Computer Systems  
Ternopil National Economic University  
3, Peremoga Square  
Ternopil, 46020, Ukraine

Phone: +380 (352) 47-5050 ext. 12234  
Fax: +380 (352) 47-5053 (24 hours)  
computing@computingonline.net  
computing.journal@gmail.com  
www.computingonline.net

The Journal is currently indexed in the following databases:

Scopus	<a href="https://www.scopus.com/sourceid/21100820054">https://www.scopus.com/sourceid/21100820054</a>	CiteScoreTracker 2017=0.76
Index Copernicus International	<a href="http://journals.indexcopernicus.com">http://journals.indexcopernicus.com</a>	Index Copernicus Value 77.32 points (2014)
Google Scholar	<a href="https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&amp;user=s-n_ZHIAAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&amp;user=s-n_ZHIAAAAJ</a>	h-index: 11 (All), 8 (Since 2012) i10-index: 12 (All), 5 (Since 2012)
Vernadsky National Library of Ukraine	<a href="http://nbuv.gov.ua">http://nbuv.gov.ua</a>	

ISSN 1727-6209 (Print)  
ISSN 2312-5381 (Online)

**НДІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**  
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
У СПІВПРАЦІ  
**З ІНСТИТУТОМ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА,**  
**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**



---

---

**Міжнародний журнал**

**Комп'ютинг**

**Видається з 2002 року**

**березень 2018, Том 17, Випуск 1**

---

---

Постановою президії ВАК України № 1-05/3 від 14 квітня 2010 року міжнародний журнал "Комп'ютинг" віднесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук

Тернопіль – 2018



# Міжнародний журнал “Комп’ютинг”

Березень 2018, том 17, випуск 1

НДІ інтелектуальних комп’ютерних систем, Тернопільський національний економічний університет  
Зареєстрований Міністерством юстиції України. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу  
масової інформації – серія КВ №17050-5820ПР від 15.07.2010.

Друкується за постановою вченої ради THEU, протокол № 4 від 7 лютого 2018 року

## Редакційна колегія

### ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

**Анатолій Саченко**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

### ВИКОНАВЧИЙ РЕДАКТОР

**Volodymyr O. Turchenko**

University of Toronto, Canada

### ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ

**Robert Hiromoto**

University of Idaho, USA

**Володимир Кочан**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

### ЧЛЕНИ МІЖНАРОДНОЇ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ

**Євгеній Бодяньський**

Харківський національний університет  
радіоелектроніки, Україна

**Микола Дивак**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

**В’ячеслав Харченко**

Національний аерокосмічний  
університет ХАІ, Україна

**Юрій Кондратенко**

Чорноморський Національний  
університет імені Петра Могили,  
Україна

**Наталія Куусуль**

Інститут космічних досліджень,  
Національна академія наук, Україна

**Олександр Палагін**

Інститут кібернетики ім.  
В.М. Глушкова НАНУ, Україна

**Dora Blanco Heras**

University of Santiago de Compostela,  
Spain

**Kent A. Chamberlin**

University of New Hampshire, United  
States

**Dominique Dallet**

University of Bordeaux, France

**Pasquale Daponte**

University of Sannio, Italy

**Richard J. Duro**

Universidad de Coruña, Spain

**Vladimir Golovko**

Brest State Technical University, Belarus

**Sergei Gorlatch**

University of Muenster, Germany

**Lucio Grandinetti**

University of Calabria, Italy

**Domenico Grimaldi**

University of Calabria, Italy

**Uwe Grossmann**

Dortmund University of Applied  
Sciences and Arts, Germany

**Vladimir Haasz**

Czech Technical University in Prague,  
Czech Republic

**John A. Kalomirois**

Technological Educational Institute of  
Central Macedonia, Greece

**Yury Kolokolov**

Orel State University, Russian Federation

**Igor Kotenko**

St.Petersburg Institute for Informatics  
and Automation of the Russian Academy  
of Sciences, Russian Federation

**Theodore Laopoulos**

Aristotle University of Thessaloniki,  
Greece

**Fernando Lopez Peña**

University of la Coruña, Spain

**Kurosh Madani**

University Paris-Est Creteil, France

**George Markowsky**

Missouri University of Science and  
Technology, United States

**Vladimir Oleshchuk**

University of Agder, Norway

**Sigeru Omatu**

Osaka Institute of Technology, Japan

**José Miguel Costa Dias Pereira**

Escola Superior de Tecnologia de  
Setúbal, Portugal

**Dana Petcu**

West University of Timisoara, Romania

**Vincenzo Piuri**

Universita' degli Studi di Milano, Italy

**Andrzej Rucinski**

University of New Hampshire, United  
States

**Juergen Sieck**

HTW - University of Applied Sciences  
Berlin, Germany

**Axel Sikora**

Hochschule Offenburg, Germany

**Rimvydas Simutis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Tarek M. Sobh**

University of Bridgeport, United States

**Grigore Stamatescu**

University “Politehnica” of Bucharest

**Linus Svilainis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Yuliya Tarabalka**

Inria Sophia-Antipolis Méditerranée,  
France

**Jüri Vain**

Tallinn University of Technology,  
Estonia

**Wieslaw Winiecki**

Warsaw University of Technology,  
Poland

**Janusz Zalewski**

Florida Gulf Coast University, United  
States

### Адреса редакції :

НДІ інтелектуальних комп’ютерних систем  
Тернопільський національний економічний університет  
площа Перемоги, 3  
Тернопіль, 46020, Україна

Тел.: 0 (352) 47-50-50 внутр. 12234  
Факс: 0 (352) 47-50-53  
computing@computingonline.net  
computing.journal@gmail.com  
www.computingonline.net

Міжнародний журнал Комп’ютинг індексується у наступних наукометричних базах:

Scopus	<a href="https://www.scopus.com/sourceid/21100820054">https://www.scopus.com/sourceid/21100820054</a>	CiteScoreTracker 2017=0.76
Index Copernicus International	<a href="http://journals.indexcopernicus.com">http://journals.indexcopernicus.com</a>	Index Copernicus Value 77.32 points (2014)
Google Scholar	<a href="https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&amp;user=s-n_ZHIAAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&amp;user=s-n_ZHIAAAAJ</a>	h-index: 11 (All), 8 (Since 2012) i10-index: 12 (All), 5 (Since 2012)
Національна бібліотека України ім. В. Вернадського	<a href="http://nbuv.gov.ua">http://nbuv.gov.ua</a>	