

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**

**June 2017, Volume 16, Issue 2**

---

---



Ternopil – 2017

# International Journal of Computing

June 2017, Vol. 16, Issue 2

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 Lethbridge, Canada

### ASSOCIATE EDITORS

**Robert Hiromoto**

University of Idaho, USA

**Volodymyr Kochan**

Ternopil National Economic University,  
Ukraine

### INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD MEMBERS

**Plamenka Borovska**

Technical University of Sofia, Bulgaria

**Kent A. Chamberlin**

University of New Hampshire, USA

**Dominique Dallet**

University of Bordeaux, France

**Pasquale Daponte**

University of Sannio, Italy

**Mykola Dyvak**

Ternopil National Economic University,  
Ukraine

**Richard J. Duro**

University of La Coruña, Spain

**Vladimir Golovko**

Brest State Polytechnical 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

**Halit Eren**

Curtin University of Technology,  
Australia

**Vladimir Haasz**

Czech Technical University, Czech  
Republic

**Orest Ivakhiv**

Lviv Polytechnic National University,  
Ukraine

**Zdravko Karakehayov**

Technical University of Sofia, Bulgaria

**Mykola Karpinsky**

University of Bielsko-Biala, Poland

**Yury Kolokolov**

UGRA State University, Russia

**Yuriy Kondratenko**

Petro Mohyla Black Sea National  
University, Ukraine

**Theodore Laopoulos**

Thessaloniki Aristotle University, Greece

**Fernando López Peña**

University of La Coruña, Spain

**Kurosh Madani**

Paris XII University, France

**George Markowsky**

University of Maine, USA

**Richard Messner**

University of New Hampshire, USA

**Vladimir Oleshchuk**

University of Agder, Norway

**Oleksandr Palahin**

V.M.Glushkov Institute of Cybernetics,  
Ukraine

**José Miguel Costa Dias Pereira**

Polytechnic Institute of Setúbal, Portugal

**Dana Petcu**

Western University of Timisoara,  
Romania

**Vincenzo Piuri**

University of Milan, Italy

**Andrzej Rucinski**

University of New Hampshire, USA

**Jürgen Sieck**

HTW – University of Applied Sciences  
Berlin, Germany

**Axel Sikora**

University of Applied Sciences  
Offenburg, Germany

**Rimvydas Simutis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Tarek M. Sobh**

University of Bridgeport, USA

**Wiesław Winiecki**

Warsaw University of Technology,  
Poland

**Janusz Zalewski**

Florida Gulf Coast University, USA

### 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:

Index Copernicus International	<a href="http://journals.indexcopernicus.com">http://journals.indexcopernicus.com</a>	Index Copernicus Value 77.32 points. Normalized Index Copernicus Value 7.41 points (2014)
Finnish publication forum	<a href="http://www.tsv.fi/julkaisufoorumi/haku.php?lang=en">http://www.tsv.fi/julkaisufoorumi/haku.php?lang=en</a> Search: ISSN 1727-6209	Level "1"
Norwegian Social Science Data Services	<a href="http://www.nsd.uib.no/nsd/english/index.html">http://www.nsd.uib.no/nsd/english/index.html</a> Search: ISSN 1727-6209	Level "1"
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

**червень 2017, Том 16, Випуск 2**

---

---

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 – 2017

# Міжнародний журнал “Комп’ютинг”

Березень 2017, том 16, випуск 41

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

Друкується за постановою вченої ради ТНЕУ, протокол № 5 від 31 травня 2017 року

## Редакційна колегія

### ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

**Анатолій Саченко**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

### ВИКОНАВЧИЙ РЕДАКТОР

**Volodymyr O. Turchenko**

University of Lethbridge, Canada

### ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ

**Robert Hiromoto**

University of Idaho, USA

**Володимир Кочан**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

### ЧЛЕНИ МІЖНАРОДНОЇ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ

**Микола Дивак**

Тернопільський національний  
економічний університет, Україна

**Орест Івахів**

Національний університет “Львівська  
політехніка”, Україна

**Юрій Кондратенко**

Чорноморський національний  
університет ім. Петра Могили

**Олександр Палагін**

Інститут кібернетики ім.

В.М. Глушкова НАНУ, Україна

**Plamenka Borovska**

Technical University of Sofia, Bulgaria

**Kent A. Chamberlin**

University of New Hampshire, USA

**Dominique Dallet**

University of Bordeaux, France

**Pasquale Daponte**

University of Sannio, Italy

**Richard J. Duro**

University of La Coruña, Spain

**Vladimir Golovko**

Brest State Polytechnical 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

**Halit Eren**

Curtin University of Technology,  
Australia

**Vladimir Haasz**

Czech Technical University, Czech  
Republic

**Zdravko Karakehayov**

Technical University of Sofia, Bulgaria

**Mykola Karpinsky**

University of Bielsko-Biala, Poland

**Yury Kolokolov**

UGRA State University, Russia

**Theodore Laopoulos**

Thessaloniki Aristotle University, Greece

**Fernando López Peña**

University of La Coruña, Spain

**Kurosh Madani**

Paris XII University, France

**George Markowsky**

University of Maine, USA

**Richard Messner**

University of New Hampshire, USA

**Vladimir Oleshchuk**

University of Agder, Norway

**José Miguel Costa Dias Pereira**

Polytechnic Institute of Setúbal, Portugal

**Dana Petcu**

Western University of Timisoara,  
Romania

**Vincenzo Piuri**

University of Milan, Italy

**Andrzej Rucinski**

University of New Hampshire, USA

**Jürgen Sieck**

HTW – University of Applied Sciences  
Berlin, Germany

**Axel Sikora**

University of Applied Sciences  
Offenburg, Germany

**Rimvydas Simutis**

Kaunas University of Technology,  
Lithuania

**Tarek M. Sobh**

University of Bridgeport, USA

**Wiesław Winiński**

Warsaw University of Technology,  
Poland

**Janusz Zalewski**

Florida Gulf Coast University, USA

### 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:

Index Copernicus International	<a href="http://journals.indexcopernicus.com">http://journals.indexcopernicus.com</a>	Index Copernicus Value 77.32 points. Normalized Index Copernicus Value 7.41 points (2014)
Finnish publication forum	<a href="http://www.tsv.fi/julkaisufoorumi/haku.php?lang=en">http://www.tsv.fi/julkaisufoorumi/haku.php?lang=en</a> Пошук: ISSN 1727-6209	Рівень "1"
Norwegian Social Science Data Services	<a href="http://www.nsd.uib.no/nsd/english/index.html">http://www.nsd.uib.no/nsd/english/index.html</a> Пошук: ISSN 1727-6209	Рівень "1"
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>	