

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

December 2017, Volume 16, Issue 4



Ternopil – 2017

International Journal of Computing

December 2017, Vol. 16, Issue 4

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 da 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

Natalia 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

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	https://www.scopus.com/sourceid/21100820054	CiteScoreTracker 2016=0.14
Index Copernicus International	http://journals.indexcopernicus.com	Index Copernicus Value 77.32 points (2014)
Google Scholar	https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=s-n_ZHIAAAAJ	h-index: 11 (All), 8 (Since 2012) i10-index: 12 (All), 5 (Since 2012)
Vernadsky National Library of Ukraine	http://nbuv.gov.ua	

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

грудень 2017, Том 16, Випуск 4

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 № 3 від 15 грудня 2017 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 Куссуль

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

Linias Svilainis

Kaunas University of Technology,
Lithuania

Yuliya Tarabalka

Inria Sophia-Antipolis Méditerranée,
France

Jüri Vain

Tallinn University of Technology,
Estonia

Wieslaw Winięcki

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