

**Odesa Polytechnic National University, Kiev National University,
T. Shevchenko, Kharkov National University of Radio Electronics,
National Aviation University, Odesa National University,
I.I. Mechnikov, Sumy State University, Admiral Makarov National
University of Shipbuilding, Lodz Technical University, Azerbaijan State
Oil Industry University, Anhalt University of Applied Sciences, Caten,
Germany,
CEUR**



ICST
Information Control Systems
and Technologies

MATERIALS
OF THE XII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE
«Information Control Systems and
Technologies»
(ICST- ODESA – 2024)
23th – 25th September, 2024

Odesa 2024

УДК 004:37:001:62

I74

ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ
I74 (ГУСТ-ОДЕСА-2024) : матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (23-25 вересень 2024 р. Одеса) / вип. ред. В.В. Вичужанін. – Одеса : Видавничий дім "Гельветика", 2024. – 334 с.

ISBN 978-617-554-315-3

Збірник містить Матеріали, прийняті оргкомітетом до участі в Міжнародній науково - практичній конференції «ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ» (ГУСТ-ОДЕСА-2024).

Наведені матеріали конференції охоплюють основні напрямки розвитку в області інформаційних систем управління; інтелектуальних систем і аналізу даних; моделювання та розробки програм.

УДК 004:37:001:62

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**



The collection contains materials accepted by the organizing committee for participation in the International Scientific and Practical Conference "INFORMATION CONTROL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" (ICST-ODESSA-2024).

The materials of the conference cover the main directions of development in the field of artificial intelligence, development and analysis of big data, blockchain and crypto technologies, control systems in robotic systems, data security and cryptography, ICT in the network and administration, information systems and technologies in Data Mining, intelligent technologies management, mathematical modeling, methodology and didactics of teaching and using ICT, application development, project management. system analysis, software development. Conference materials are presented in the following sections:

- Information control systems
- Intelligent systems and data analysis
- Modeling and software engineering

The conference materials were reproduced from the author's originals. The organizing committee of the conference expresses gratitude to all the participants of the conference and hopes for further fruitful cooperation

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**International Program Committee
"Information Control Systems and Technologies"
(ICST-ODESA -2024)**

- Prof. Antoshchuk Svetlana, Odesa Polytechnic National University
(Ukraine);
Prof. Babichev Sergii, Kherson State University
(Ukraine);
As. Prof. Bobrovnikova Kira, Khmelnytsky National University
(Ukraine);
Prof. Cariow Aleksandr, West Pomeranian University of Technology
(Poland);
Prof. Kalashnikov Alexander, Sheffield Hallam University
(United Kingdom);
Prof. Gorodnichy Dmitry, Canada Border Services Agency
(Canada);
Prof. Kharchenko Vyacheslav, National Aerospace University KhAI
(Ukraine);
Prof. Kondratenko Yuriy, Petro Mohyla Black Sea National University
(Ukraine);
Prof. Kucher Kostiantyn Linköping University
(Sweden);
Prof. Melnyk Viktor, Department of Applied Computer Science Institute of
Mathematics
(Poland);
Prof. Overmyer Scott, Southern New Hampshire University
(United States);
Prof. Algirdas Pakštas, DrTech, Member of staff Institute of Mathematics and
Informatics (Lithuania);
Prof. Tripathi Kumar Anil, Indian Institute of Technology (BHU)
(India);
Prof. Rychlik Andrzej, Lodz University of Technology
(Poland);
As. Prof. Rudnichenko Nickolay, Odesa Polytechnic National University
(Ukraine);
Prof. Salem Abdel-Badeeh, Ain Shams University
(Egypt);
Prof. Zaitseva Elena, University of Zilina
(Slovak Republic);
Prof. Subbotin Sergey, National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
(Ukraine);
Prof. Tarasov Alexander, Dombass State Engineering Academy
(Ukraine);
Prof. Luengo David, Universidad Politecnica de Madrid
(Spain);

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

As. Prof. Tyshchenko Oleksii. Institute for Research and Applications of Fuzzy
Modeling, CE IT4Innovations, University of Ostrava

(Czechia);

Prof. Vychuzhanin Vladimir. Odesa Polytechnic National University

(Ukraine);

Prof. Ye Zhengmao, Southern University

(United States);

Prof. Yin Hang, Southern University

(United States).

Organising Committee

Antoshchuk S., prof., Odesa Polytechnic National University (Ukraine);

Vychuzhanin V., prof., Odesa Polytechnic National University (Ukraine);

Bobrovnikova K., as. prof., Khmelnytsky National University (Ukraine);

Kondratenko Yu., prof., Petro Mohyla Black Sea State University (Ukraine);

Grishin S., as. prof., Odesa Polytechnic National University (Ukraine);

Rudnichenko N., as. prof., Odesa Polytechnic National University (Ukraine);

Shibaeva N., as. prof., Odesa Polytechnic National University (Ukraine).

Technical committee

Committee secretaries:

Grishin S., as. prof., Odesa National Polytechnic University (Ukraine);

Rudnichenko M., as. prof., Odesa National Polytechnic University (Ukraine).

Committee members:

Lavruhin V., Odesa National Polytechnic University (Ukraine);

Chesnova N., Odesa National Polytechnic University (Ukraine).

International Program Committee – <http://icst-conf.com/main-eng.html>

Address: Shevchenko avenue, 1, Odesa, 65044, Ukraine

<https://www.facebook.com/groups/1297695647105081/>

Phone: +38 (048) 705-85-69

E-mail: icst_nuop@ukr.net, 126.ist.onpu@gmail.com

Conference sections:

1. Information control systems

1. *Blockchain and Crypto Technologies*
2. *Control Systems in Robotic Systems*
3. *Data Security and Cryptography*
4. *ICT in Network and Administration*
5. *Methodology and Didactics of Teaching and Using ICT*

2. Intelligent systems and data analysis

6. *Data Mining Technologies and Big Data*
7. *Intelligent control technologies*
8. *Artificial neural networks and machine learning*
9. *Applied intelligent systems*
10. *Intellectual models and knowledge engineering technologies*
11. *Multi-agent systems and distributed computing*

3. Modeling and software engineering

12. *Mathematical and simulation modeling*
13. *Project management and risk assessment*
14. *Design and development of software applications*
15. *Software testing automation*
16. *Agile methodologies and business processes formalization*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**Participating countries of the
XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
Information Control Systems and Technologies (ICST-ODESA-2024):**
Australia, Czechia, Bulgaria, Georgia, Indonesia, India, Ireland, Kazakhstan Kyrgyzstan,
Philippines, Poland, Slovak Republic, Switzerland, Turkey, Ukraine, United Kingdom, USA

Universities, organizations, companies

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine
Almaty Technological University, Kazakhstan
Anatolii Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of
Sciences of Ukraine, Ukraine
Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Slovak Republic
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine
Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Ukraine
Bursa Uludag University, Turkey
Caucasus University, Georgia
Cherkasy State Technological University, Ukraine
Collegium Helveticum, ETH Zurich, Switzerland
Dnipro University of Technology, Ukraine
Donbas State Engineering Academy, Ukraine
European University, Ukraine, Switzerland
Institute of Telecommunications and the Global Information Space of the National Academy of
Sciences of Ukraine
G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, Ukraine
Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Ukraine
INTIVE Limited, O'Connell Bridge House, Ireland
Institute of Artificial Intelligence Problems of MES and NAS of Ukraine, Ukraine
Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian
Academy of Sciences, Bulgaria Institute of Pulse Processes and Technologies of National
Academy of Science of Ukraine, Ukraine
INTIVE Limited, O'Connell Bridge House, Ireland
ISI "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of
Medical Sciences of Ukraine, Ukraine
JSC "MOTOR SICH", Zaporizhzhia, Ukraine
Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine
Kharkiv National University of Economics, Ukraine
Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine
Kherson National Technical University, Ukraine
Kherson State Maritime Academy, Ukraine
Kherson State University, Ukraine
Khmelnyskyi National University, Ukraine
Kryvyi Rih National University, Ukraine
Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine
Lviv Polytechnic National University, Ukraine
LtdC "SoftServe", Ukraine
Lutsk National Technical University, Ukraine
National Aviation University, Ukraine

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

National Aerospace University, Ukraine
National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Ukraine
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine
Naval Institute of National University "Odesa Maritime Academy", Ukraine
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine
National University "Odesa Maritime Academy", Ukraine
National Space Facilities Control and Test Center, Ukraine
National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Ukraine
National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
Noosphere Engineering School, Ukraine
Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine
Odesa I. I. Mechnykov National University, Ukraine
Odesa National Maritime University, Ukraine
Odesa National University of Technology, Ukraine
Odesa Polytechnic National University, Ukraine
Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine
Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics, National Academy
of Sciences of Ukraine, Ukraine
Pryazovskiy State Technical University, Ukraine
SCSVMV University, Kanchipuram (Tamil Nadu), India
Satbayev University, Kazakhstan
School of Civil, Environmental, and Geological Engineering, Mapua University, Philippines
State Biotechnological University, Ukraine
State University “Uzhhorod National University”, Ukraine
Sumy State University, Ukraine
Taras Shevchenko National University, Ukraine
Technical University of Liberec, Czechia
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine
The National Anti-corruption Bureau of Ukraine, Ukraine
Ukrainian Academy of Printing, Ukraine
Ukrainian National Forestry University, Ukraine
University of Central Asia, Kyrgyzstan
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia
University of Royal Holloway in London, Egham Hill, Egham TW20 0EX, United Kingdom
Ukrainian State University of Science and Technology, Ukraine
University of Technology Sydney, Broadway Ultimo, NSW 2007, Australia
University of Texas at El Paso, USA
Uzhhorod National University, Ukraine
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine
V. I. Vernadsky Taurida National University, Ukraine
Wroclaw University of Science and Technology, Poland
Yevhenii Bereznyak Military Academy, Ukraine
Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine
Zaporizhzhia National University, Ukraine

CONTENTS

Section 1. Information control systems

EM ALGORITHM BASED MACHINE LEARNING APPROACH FOR CLUSTERING OF MULTIDIMENSIONAL THREATS IN HETEROGENEOUS NETWORKS

*Dr.Sci. O. Holubnychy¹, Dr.Sci. M. Zaliskyi², Dr.Sci. I. Ostroumov³,
Dr.Sc. Yu. Averyanova⁴, Ph.D. Ye. Znakovska⁵, Dr.Sci. O. Sushchenko⁶,
Ph.D. O. Pogurelskiy⁷, Ph.D. R. Voliansky⁸*

^{1,2,3,4,5,6,7} National Aviation University, Ukraine

⁸ National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine.....26

NEW CRYPTOSYSTEM BASED ON LINEAR EQUATIONS FOR LOGARITHMIC SIGNATURES

Dr.Sci. G. Khalimov¹, Dr.Sci. Y. Kotukh²

¹Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine

²Yevhenii ereznyak Military Academy, Ukraine.....28

NEW STATISTICAL CRITERION FOR CHECKING INDEPENDENCE OF BIT RANDOM VARIABLES AND SEQUENCES

*Leading researcher L. Kovalchuk. Leading researcher A. Davydenko,
O. Bepalov*

G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, Ukraine.....31

A NEURAL NETWORK MODEL FOR PREDICTING THE FLOW PARAMETERS OF TRANSPORT SYSTEMS

Dr.Sci. O. Pihnastyi, Ph.D. G. Kozhevnikov, O. Matiash

National Technical University " Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine...35

ON THE POSTQUANTUM PROTOCOL BASED SHORT DIGITAL SIGNATURES WITH MULTIVARIATE MAPS OVER ARITHMETICAL RINGS

Dr.Sci V. Ustimenko¹, Ph.D. O. Pustovit²

¹University of Royal Holloway in London, United Kingdom

²Institute of Telecommunications and the Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine.....37

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

THE COMPARATOR IDENTIFICATION METHOD TO REPRESENT UNSTRUCTURED DATA

Ph.D. I. Shubin¹, V. Usachov¹, Ph.D. Z. Dudar¹, Ph.D. G. Pliekhova², Ph.D. M. Kostikova²

¹*Kharkiv National University of Radio Electronics,*

²*Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine.....40*

THE METHOD OF IMPROVING THE QUALITY OF USING ELECTRONIC RESOURCES FOR EDUCATION

Dr.Sci. N. Axak, Ph.D. M. Kushnaryov, A. Tatarnykov

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine.....43

TRANSFORMATION OF PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL WORK OF TEACHERS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Ph.D. N. Bobro

European University, Switzerland.....47

STAGE OF RISK ASSESSMENT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE CYBER SECURITY BREACH

Ph.D. Y. Zhyvylo

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine....52

OVERVIEW OF MODERN CYBER SECURITY SOLUTIONS FOR CYBERPHYSICAL SYSTEMS

S. Yevdokymov

Kherson State University, Ukraine.....55

ADAPTIVE INTERFERENCE-RESISTANT ENCODING USING BARKER-LIKE SEQUENCES

Ph.D. O. Riznyk¹, Ph.D. Y. Kynash², Ph.D. Y. Pelekh³, E. Savelov⁴, E. Matviychuk⁵, Ph.D. L. Flud⁶

^{1,2,3,4,5}*Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

⁶*Ukrainian National Forestry University, Ukraine.....59*

THE COMPREHENSIVE IOT SECURITY STRATEGY USING HARDWARE AND SOFTWARE ENCRYPTION METHODS

Ph.D. I. Rozlomii, Ph.D. A. Yarmilko, S. Naumenko, P. Mykhailovskyi

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine.....63

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**ENHANCING IMAGE QUALITY IN SPECIFIC OBSERVATIONS
DURING TWILIGHT: INVESTIGATING THE CHALLENGES AND
SOLUTIONS**

**Dr.Sci. M. Korobchynskiy, Ph.D. M. Slonov, Ph.D. O. Zaitsev, I. Kiris,
R. Chaplinskyi, A.Poplavskiy**

Military Academy named after Eugene Bereznyak, Ukraine65

**DESIGN OF SYSTEM FOR AIR QUALITY DATA MONITORING
AND PROCESSING**

**B. Molodets, Ph.D. T. Bulana, Dr.Sci. V. Hnatushenko, D. Boldyriev,
Ph.D. I. Gomilko, D. Grabovets**

^{1,5} *Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine*

^{2,3,4} *Dnipro University of Technology, Ukraine*

⁶ *Noosphere Engineering School, Ukraine68*

**YGGDRASIL ROUTING SCHEME AS A BASIS FOR LARGE-
SCALE DECENTRALIZED MESH NETWORKS**

O. Pestov, Ph.D. H. Kyrychek, Ph.D. M. Tiahunova

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Ukraine71

**METHOD FOR SETTING UP THE GENERALIZED INTEGRO-
DIFFERENTIATING CONTROLLER FOR ROBOT AUTOMATIC
CONTNTROL SYSTEM**

**Dr.Sci. O. Tachinina¹, Dr.Sci. O. Lysenko², Ph.D. O. Guida³,
Ph.D. I. Alekseeva⁴, Ph.D. V. Novikov⁵, V. Kutiepov⁶**

^{1,6} *National Aviation University, Ukraine*

^{2,4,5} *National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute», Ukraine*

³ *V. I. Vernadsky Taurida National University, Ukraine75*

**MODIFICATION OF CHUNKING MODEL AND METHOD FOR
ESTABLISHING TRUST BETWEEN CLIENT AND SERVER**

S. Surkov, Ph.D. O. Martyniuk

Odesa Polytechnic National University, Ukraine78

SCALABILITY SOLUTIONS FOR BLOCKCHAIN NETWORKS

D. Dvorchuk

Odesa I. I. Mechnikov National University, Ukraine80

Section 2. Intelligent systems and data analysis

MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF HYBRID CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK STRUCTURAL SYNTHESIS USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS

Ph.D. I.Boryndo, Dr.Sci. V.Sineglazov, Dr.Sci. M. Zgurovsky

¹ *National Aviation University, Ukraine,*

² *National Aviation University, Ukraine,*

³ *National Technical University of Ukraine, Ukraine.....83*

MOTION DETECTOR BASED ON FRAGMENT ANALYSIS

Dr. Sci. S. Mashtalir¹, D. Lendye²

¹ *Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine,*

² *Uzhhorod National University, Ukraine.....86*

THE GEOLOGICAL STRUCTURE COMPLEXITY INDEX BASED ON REMOTE SENSING DATA: CALCULATION AND INFORMATIVITY ASSESSMENT

*Dr.Sci. V. Hnatushenko,Dr.Sci. S. Nikuli, Ph.D. V. Kashtan, O. Korobko
Dnipro University of Technology, Ukraine.....90*

COMPREHENSIVE MODEL TRAINING: PARAMETER TUNING AND CONFIDENCE SCORING IN HIERARCHICAL CLASSIFIERS

Dr.Sci. S. Mashtalir¹, O. Nikolenko²

¹ *Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine,*

² *Uzhhorod National University, Ukraine.....93*

ON CONSTRUCTING A RANDOM VALUES GENERATOR OF THE INPUT MATERIAL FLOW FOR TRANSPORT CONVEYOR MODELS BASED ON NEURAL NETWORK

Dr.Sci. O. Pihnastyi, Ph.D. M. Sobol

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine...96

INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGY FOR MULTICRITERIA VULNERABILITY ASSESSMENT OF GAS STATIONS TO THE MAIN TYPES OF ACCIDENTS

*Dr.Sci. O. Arsirii, Ph.D. O. Ivanov, Ph.D. S. Smyk, V. Oliynyk, K. Bieliaiev
Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....100*

APPLICATION OF THE METHOD OF CONDITIONAL OPTIMIZATION IN THE PROBLEM OF STORMING THE SHIP

Dr. Sci. S. Zinchenko, Ph.D. V. Mateychuk

Kherson State Maritime Academy, Ukraine103

ATTENTION MODEL BORROWED FROM LIVING BEINGS AS ONE OF ENGINE OF FEELING AI BLUEPRINT

Dr.Sci. A. Kargin, Ph.D. T. Petrenko

Ukrainian State University of Railway Transport106

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DIABETIC NEOVASCULAR GLAUCOMA

Dr.Sci. V. Vychuzhanin¹, Ph.D. O. Guzun²

¹Odessa Polytechnic National University, Ukraine

²ISI “The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Ukraine110

COMPARATIVE ANALYSIS OF HYBRID SWARM OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR THE DRONE’S INTELLIGENT CONTROL SYSTEM

*Dr.Sci. O. Kozlov¹, Ph.D. G. Kondratenko², Ph.D. A. Aleksieieva³,
Ph.D. M. Maksymov⁴, Ph.D. O. Tarakhtij⁵*

^{1,2,3}Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine

⁴Naval Institute of National University "Odesa Maritime Academy", Ukraine

⁵Odessa Polytechnic National University, Ukraine117

ANALYSIS OF SHORT-TERM FORECASTING MODELS OF ELECTRICITY CONSUMPTION

Dr. Sci. M. Korablev, D. Antonov], V. Polous

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine119

OPTIMIZATION METHOD BASED ON WAVELET TRANSFORM FOR APPROXIMATE DEPTH ESTIMATION METHODS

Dr. Sci. S. Antoshchuk, Dr.Sci. H. Shcherbakova,

S. Kondratiev, D. Koshutina, O. Usov

Odessa Polytechnic National University, Ukraine123

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

ARCHITECTURE OF INTELLIGENT SYSTEM FOR WEBSERVICES SCALING

Dr.Sci. A. Kupin¹, D. Zubov², M. Kosei³, Ph.D. V. Holiver⁴

^{1,3,4}Kryvyi Rih National University, Ukraine,

²University of Central Asia, KyrgyzstanKryvyi Rih National University, Ukraine.....127

NEURAL NETWORK CONTROL WITH PREDICTION OF THE DYNAMICS OF PARAMETERS OF A COMPLEX SHIP OBJECT

Dr.Sci. V. Mykhailenko¹, V. Leshchenko²,L. Martynovych³,

Ph.D. H. Korenkova⁴

^{1,2}National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

^{3,4}Odesa I.I. Mechnikov National University, Ukraine.....130

THE MAIN ASPECTS OF BUILDING CYBER-PHYSICAL SYSTEMS FOR OPTIMAL REGULATION OF REACTIVE POWER FLOWS IN MAIN STEP-DOWN SUBSTATIONS OF MINING AND PROCESSING PLANTS

Dr.Sci. A. Kupin, Ph.D. Y. Sherstnov, Ph.D. Y. Osadchuk,

Ph.D. O. Savytskyi

Kryvyi Rih National University, Ukraine.....133

ESTIMATION OF HORIZONTAL FLIGHT EFFICIENCY FOR AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

Dr.Sci. I. Ostroumov, Ph.D. N.Kuzmenko

National Aviation University, Ukraine.....137

CARDIAC MRI SEGMENTATION METHOD BASED ON MASKS LOCALIZATION

V. Slobodzian¹, Ph.D. P. Radiuk²,Dr.Sci. O. Barmak³, Dr.Sci. I. Krak⁴

^{1,2,3}Khmelnyskyi National University, Ukraine

⁴Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

⁴Glushkov Cybernetics Institute, Ukraine.....140

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF OPTICAL SYSTEMS FOR
COMPUTATIONAL OPERATIONS WITH FUZZY SETS**

Dr.Sci. V. Timchenko¹, Ph.D. V. Kreinovich², Dr.Sci.Yu. Kondratenko³

¹National University of Shipbuilding, Ukraine

²Texas State University, USA

³Black Sea National University, Ukraine.....143

**CONCEPT OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF MELT ELECTRIC
CURRENT TREATMENT WITH THE DIGITAL TWINS
APPLICATION**

Ph.D. Y. Zaporozhets¹, Ph.D. A. Ivanov²,

Dr.Sci. Y. Kondratenko³, Ph.D. V. Tsurkin⁴

*^{1,2,4}Institute of Pulse Processes and Technologies of NAS of Ukraine,
Ukraine*

*³Petro Mohyla Black Sea National University & Institute of the Artificial
Intelligence Problems of the MES and NAS of Ukraine, Ukraine.....146*

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR OPTIMIZATION
OF METAL CUTTING PARAMETERS IN AWJ**

Dr.Sci. O. Rudenko, Dr.Sci. O.Bezsonov, Ph.D. O. Ilyunin,

Ph.D. N.Serdiuk

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine.....150

**SEMI-SUPERVISED LEARNING FOR MEDICAL IMAGES
SEGMENTATION USING 4D ATLAS PRIORS**

Dr.Sci. V. Sineglazov¹, K. Riazanovskiy²

¹National Aviation University, Ukraine

*²National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute”, Ukraine.....152*

**ENHANCING MEDICAL NLI WITH INTEGRATED DOMAIN
KNOWLEDGE AND SENTIMENT ANALYSIS**

Dr.Sci. E. Manziuk, O. Chaban

Khmelnytskyi National University, Ukraine.....155

**AUTOMATED DATA MINING OF THE SINGLE OBJECTS FROM
BLURRED CCD FRAMES USING THE LUCY-RICHARDSON
DECONVOLUTION**

***B.Sc. E. Hadzhyiev, Ph.D. S. Khlamov, Dr.Sci. V.Savanevych,
Ph.D. V. Vlasenko***

^{1,2,3}Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine

⁴National Space Facilities Control and Test Center, Ukraine.....159

**INTELLIGENT ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE
CHALLENGER SPACE SHUTTLE DISASTER**

***Dr.Sci. V. Mykhailenko¹, Ph.D. R. Kharchenko², Dr.Sci. Y. Gunchenko³,
Ph.D. A Kochetkov⁴, O. Zui⁵***

^{1,2}National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

^{3,5}I.I. Mechnikov National University, Ukraine

⁴Odessa National Maritime University.....162

**ASTRONOMICAL DATA MINING OF THE PRIMARY ORBITS OF
THE SOLAR SYSTEM OBJECTS USING THE COLITEC
SOFTWARE AND THE VÄISÄLÄ METHOD**

***Ph.D. V. Troianskyi¹, Dr.Sci. O.Bazyey², Ph.D. H. Okhotko³,
Ph.D. S. Khlamov⁴***

^{1,2,3} Odesa I. I. Mechnykov National University, Ukraine

⁴ Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine.....165

**INDOOR SPATIAL COGNITION OF THE HEARING/VISUALLY
IMPAIRED: PENTEST-INSPIRED WIFI HEATMAP ON ANDROID
PLATFORM**

Ph.D., D.Zubov¹, Dr.Sci. A.Kupin², N.Shaidullaev³

^{1,3}University of Central Asia, Kyrgyz Republic,

²Kryvyi Rih National University, Ukraine.....168

**COMPARATIVE EVALUATION OF CLASSIFICATION METHODS
FOR SATELLITE IMAGES**

Ph.D. V. Kashtan, D. Chumychov, Dr.Sci. V. Olevskiy, Dr.Sci. S. Nikulin

Dnipro University of Technology, Ukraine.....171

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**OPTIMIZING OBJECT DETECTION PERFORMANCE THROUGH
IMAGE ENHANCEMENT FOR BEE IMAGES**

O. Zhuko, V. Horbenko, Dr.Sci. G. Shilo

Zaporizhzhia National University, Ukraine.....173

**HYPERPARAMETER TUNING IN THE LEARNING OF
MULTITHRESHOLD NEURONS**

Ph.D. V.Kotsovsky, T. Lisovska

Uzhhorod National University, Ukraine.....175

**TEXT-TO-IMAGE GENERATION MODEL USING MACHINE
LEARNING METHODS**

Y. Shcherbyna, Ph.D. I. Shpinareva

Odesa I.I. Mechnikov National University.....179

**LAMA NETWORK ARCHITECTURE SEARCH FOR IMAGE
INPAINTING**

D. Kolodochka¹, Dr.Sci. M. Polyakova¹,

Ph.D. O. Nesteriuk¹, Ph.D. V. Makarichev²

¹ Odesa Polytechnic National University, Ukraine

² National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Ukraine...182

**USE OF DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS FOR HARDWARE
AND SOFTWARE VIRTUALIZATION**

S. Neronov, Ph.D. G. Pliekhova, Ph.D. M. Kostikova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine.....185

**INFORMATION AND INTELLECTUAL SYSTEM OF
DIAGNOSTICS, ASSESSMENT AND FORECASTING OF THE
TECHNICAL CONDITION OF COMPLEX SYSTEMS**

A. Vychuzhanin

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....188

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**NEURAL MODEL AND TRAINING METHOD FOR ROBUST AND
RESOURCE-EFFICIENT DATA BLOCK IDENTIFICATION**

M. Boiko^{1,2}, Ph.D. V. Moskalenko¹

¹ Sumy State University, Ukraine

² The National Anti-corruption Bureau of Ukraine, Ukraine.....192

**IMAGE PREPROCESSING ALGORITHM FOR OBJECT
DETECTION & TRACKING**

Ph.D. N. Volkova, M. Shvandt

Odesa National Polytechnic University, Ukraine.....194

**MODELING OF WHEAT YIELD IN STEP REGION OF UKRAINE
USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

Dr.Sci. P. Hrytsiuk¹, Ph.D. T. Babych², Ph.D. O. Hladka³, M. Nehrey⁴

*^{1,2,3}The National University of Water and Environmental Engineering,
Rivne, Ukraine*

⁴The Collegium Helveticum, University of Zurich, Switzerland.....198

**ANALYSIS OF THE STRUCTURAL RESILIENCE OF A
COMMUNICATION**

Ph.D. T. Kunup

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....201

**INTELLIGENT METHOD OF IDENTIFYING TARGET OBJECTS
OF SUBJECT AREA FOR CLASSIFICATION OF TEXT
INFORMATION**

Ph.D. O. Mazurets, R. Vit

Khmelnytskyi National University, Ukraine.....205

**MODEL PREDICTIVE CONTROL FOR THE BLOWING REGIME
OF THE STEELMAKING PROCESS**

Ph.D. Y. Mariiash, Ph.D. O. Stepanets

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute”, Ukraine.....208*

**INFORMATION TOOLS FOR ASSESSING WATER BODIES
CONDITION IN UKRAINE DAMAGED BY
MILITARY OPERATIONS**

*Ph.D. K.Sergieieva¹, Ph.D. O.Kavats², Ph.D. V.Vasyliiev³, Ph.D. Yu.Kavats⁴,
Dr.Sci. O. Kovrov⁵, M. Obruchev⁶*

^{1,5,6} National Technical University "Dniprovsk Polytechnic", Ukraine,

^{2,4} Ukrainian State University of Science and Technology, Ukraine,

*³ National University of Water Management and Nature Management,
Ukraine.....211*

**TOMATO PLANT TREATMENT SMART SUGGESTIONS USING
BIG DATA ANALYTICS**

Ph.D. K. Khabarлак

Dnipro University of Technology, Ukraine.....214

**INTEGRATION OF MODERN SYSTEMS OF SOFTWARE
DIAGNOSTICS AND DATA ANALYSIS OF INDICATORS OF
PERSONAL SOLAR STATIONS**

Ph.D. N. Shybaieva, D. Shybaiev

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....216

**ANALYSIS OF MODERN DEEP LEARNING MODELS FOR
INTELLECTUAL ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF
HETEROGENEOUS DATA ON FINANCIAL MANAGEMENT
RISKS**

D. Shvedov, Ph.D. M. Rudnichenko, M. Gezha

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....219

**LIMITATIONS OF MODERN LARGE LANGUAGE MODELS IN
GENERATING COMPLEX STRUCTURED TEXTS**

Ph.D. O. Potüenko, Ph.D. S. Kosenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....223

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**THE CLUSTER ANALYSIS DATA PREPROCESSING ON THE
EXAMPLE OF STUDENT INTAKE FOR THE APPLIED
MATHEMATIC SPECIALIZATION IN UKRAINE**

A. Matychenko, Dr.Sci. M. Polyakova, Ph.D. N. Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....226

**USING MACHINE LEARNING TO ASSESS AND PREDICT
EMPLOYEE PRODUCTIVITY IN IT PROJECTS**

O. Berezorutskya, Ph.D. M. Rudnichenko, Ph.D. T. Kunup

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....230

**KEY ASPECTS OF ENVIRONMENTAL DATA ANALYSIS AND
EVALUATION BASED ON THE USE OF MACHINE LEARNING
METHODS**

V. Belyanska, O. Vychuzhanin

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....233

**USING MACHINE TECHNOLOGY TO ANALYZE VIDEO
STREAMS AND DETECT ANOMALIES IN VIDEO
SURVEILLANCE**

R. Grachov, Ph.D. M.Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....236

**DEVELOPMENT OF THE PROJECT CONCEPT OF THE
SOFTWARE MODULE FOR DATA ANALYSIS OF DETECTION OF
DDOS ATTACKS**

D. Tymovskiy, Ph.D. S. Hryshyn, Ph.D. T. Otradska

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....240

**ANALYSIS OF PROBLEMS AND MEANS OF DEPLOYMENT OF
PIPELINES OF MACHINE LEARNING MODELS**

E. Kanzyuba, Ph.D. T. Kunup

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....243

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE APPLICATION PROJECT
FOR SOLVING COMBINATORIAL OPTIMIZATION TASKS**

S.Petrova, Ph.D. M.Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....245

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A SOFTWARE MODULE
FOR CLUSTER ANALYSIS OF LOOSELY STRUCTURED DATA
OF LARGE VOLUMES OF FINANCIAL TRANSACTIONS**

M. Poplavskyi, Ph.D. M. Rudnichenko, D. Shvedov

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....248

**METHOD FOR DETECTION AND CLASSIFYING OF
PROPAGANDA TECHNIQUES IN TEXT CONTENT USING
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

M. Molchanova

Khmelnyskyi National University, Ukraine.....251

**ENHANCING AUTOMATED SOFTWARE SYSTEMS THROUGH
AI AND KNOWLEDGE ENGINEERING FOR DYNAMIC REAL-
TIME APPLICATIONS**

D. Nikitin, Ph.D. V. Golian

National University of Radio Electronics, Ukraine.....255

**INTELLIGENT SYSTEMS FOR MONITORING PERFORMANCE
OF THE CAR USING OBD-2 AND AI**

O. Rybitskyi, Ph.D. V. Golian

National University of Radio Electronics, Ukraine.....259

**THE METHOD FOR INTELLIGENT DETECTION AND
CLASSIFICATION OF CYBERBULLYING IN TEXT CONTENT**

O. Sobko

Khmelnyskyi National University, Ukraine.....262

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: HOW
TECHNOLOGY IS CHANGING APPROACHES TO LEARNING**

V. Lavrukhin

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....266

ANALYSIS OF MODERN DEEP LEARNING MODELS FOR INTELLECTUAL ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF HETEROGENEOUS DATA ON ECOLOGICAL PHENOMENA

P. Bohaichuk¹, Ph.D. M. Rudnichenko², V. Belyanska³

¹*Interregional Academy "MAUP", Ukraine,*

^{2,3}*Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....270*

Section 3. Modeling and software engineering

OPTIMIZATION GEOMETRIC DESIGN IN INTELLIGENT SYSTEMS FOR ENSURING SAFETY

Dr.Sci. A. Chuhai^{1,2}, Dr.Sci. G. Yaskov^{1,3}, Dr.Sci. O.Starkova²

¹ *Anatolii Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine,*

² *Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine,*

³ *Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine.....273*

APPLICATION OF GARCH MODELS IN THE ASSESSMENT AND FORECASTING OF CREDIT MARKET VARIABLES

Dr.Sci. O. Mandysh¹, Ph.D. T.Staverska¹, Ph.D. O. Horokh¹, Ph.D. S. Brik², Ph.D. V. Makohon¹

¹ *State Biotechnological University, Ukraine,*

² *National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine.....277*

PREDICTING OF HYDRATE FORMATION IN UNDERGROUND GAS STORAGE FACILITIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Ph.D. V. Volovetskyi¹, Dr.Sci. Y. Romanyshyn², Dr.Sci. P. Raiter²

¹*Branch R&D Institute of Gas Transportation Joint Stock Company «Ukrtransgaz», Ukraine*

²*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine.....280*

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATION
MODEL FOR MONITORING AND FORECASTING THE
PARAMETERS OF THE DIESEL POWER UNIT CONDITION FOR
A CRITICAL FACILITY OF RAILWAY TRANSPORT**

Dr.Sci. I. Gritsuk¹, Dr.Sci. O. Gorobchenko², Yu. Dudnyk², V. Matsiuk³

¹Kherson State Maritime Academy, Ukraine,

²State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine

*³National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Ukraine.....283*

**SPATIAL AND MATHEMATICAL MODELING OF SHAFTS IN
ROAD TRANSPORT AND INDUSTRIAL ENGINEERING**

***Dr.Sci. V. Kalchenko, Ph.D. A. Коложойда, Ph.D. N. Sira, O. Aksonova,
A. Pinchuk***

National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine.....287

**COMPUTER MODELLING OF REWINDING MACHINES
PROCESSES**

Ph.D. O. Manoilenko¹, Ph.D. V. Gorobets², Ph.D. M. Rubanka³,

Ph.D. S. Horiashchenko⁴, Ph.D. V. Dvorzhak⁵

^{1,2,3,5}Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

⁴Khmelnitskyi National University, Ukraine.....291

**USE OF MICROSOFT EXCEL IN COMPUTER PROCESSING OF
THE RESULTS OF ERROR EXPERIMENTS IN MACHINERY AND
AUTOMOBILE INDUSTRY**

***Ph.D. H. Pasov, Ph.D. A. Kolohoida, Ph.D. B. Zavertannyi,
V. Murashkovska, O. Riabets***

National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine.....295

**PROTECTION OF MULTILAYER NETWORK SYSTEMS FROM
NATURAL AND ARTIFICIAL NEGATIVE INFLUENCES**

Dr.Sci. O. Polishchuk

*Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine.....298*

**APPLICATION OF SYSTEMS ENGINEERING AND SYSML IN
THE DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL STAMP BLOCK FOR
HYDRAULIC PRESSES**

*Dr.Sci. O. Tarasov¹, Dr.Sci. D. Pavlenko², Ph.D. L. Vasylieva¹,
Ph.D. V. Kotsyuba³*

¹*Donbas State Machine-Building Academy, Ukraine,*

²*Zaporozhye National Technical University, Ukraine,*

³*PJSC "Motor Sich", Ukraine.....301*

**MODEL OF THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS
DETERMINING OF SPATIAL LANDMARKS FOR SURVEY-
COMPARATIVE NAVIGATION SYSTEM**

Ph.D. O. Chuzha, Dr.Sci. Y. Hryshchenko, Dr.Sci. O. Tachinina

National Aviation University, Kyiv, Ukraine.....304

**INFORMATION TECHNOLOGIES FOR OPERATIONAL COST
MINIMIZATION IN THE AVIATION ENTERPRISES**

Dr.Sci. З. Побережна¹, Dr.Sci. М. Заліський²

National Aviation University, Kyiv, Ukraine.....307

**EARLY KLOC ESTIMATION OF JAVA-APPLICATIONS BY THE
THREE-FACTOR NONLINEAR REGRESSION MODEL**

O. Oriekhov, Ph.D. T. Farionova

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine.....310

**DEVELOPMENT OF THE OPENAPI SPECIFICATION FOR
DISTRIBUTED MICROSERVICES-ORIENTED INFORMATION
SYSTEM FOR ASTRONOMICAL DATA PROCESSING**

S. Orlov¹, Ph.D. S. Khlamov², Y. Bondar³, Y. Netrebin⁴

¹*National Aerospace University–Kharkiv Aviation Institute, Kharkiv,
Ukraine,*

^{2,3}*Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine,*

⁴*INTIVE Limited, Ireland.....313*

**PROGRAM IMPLEMENTATION OF LARGE-INTEGER
MODULAR MULTIPLICATION BASED ON MONTGOMERY
SPACE**

Dr.Sci. I. Prots'ko¹, O. Gryshchuk²

¹Lviv Polytechnic National University, Ukraine

²LtdC "SoftServe", Ukraine.....316

**SIMULATION OF CRITICAL SPEEDS OF AUTOMOBILE WHEEL
USING SEMI-RIGID SPINDLE METHOD**

Ph.D. B. Zavertannyi¹, Dr.Sci. V. Kalchenko¹, Ph.D. M. Zavertannyi²,

Ph.D. H. Pasov¹, Ph.D. V. Venzheha¹, Ph.D. Y. Kuzhelnyi¹,

D. Mashkovtsev¹

¹National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine

² E.O. Paton Electric Welding Institute.....319

**SECURING MICROSERVICES: CHALLENGES AND BEST
PRACTICES**

D. Volkov

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....322

**ANALYSIS OF FEATURES AND PROBLEMS OF AUTOMATION
OF TESTING SCENARIOS IN THE DEVELOPMENT OF
COMPUTER GAMES**

G. Krupenev, Ph.D. O. Blazhko, M. Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine.....325

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PROJECT FOR EVALUATING
VEHICLE MANEUVERABILITY INDICATORS**

V. Ryaguzov, Ph.D. N. Shibaeva, I. Petrov

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Odesa Maritime Academy, Ukraine.....328

SECTION 1. INFORMATION CONTROL SYSTEMS

UDC 004.056.5 (045)

**EM ALGORITHM BASED MACHINE LEARNING APPROACH
FOR CLUSTERING OF MULTIDIMENSIONAL THREATS IN
HETEROGENEOUS NETWORKS**

Dr.Sci. O. Holubnychi¹[0000-0001-5101-3862], **Dr.Sci. M. Zaliskyi**²[0000-0002-1535-4384],
Dr.Sci. I. Ostroumov³[0000-0003-2510-9312], **Dr.Sci. Yu. Averyanova**⁴[0000-0002-9677-0805],
Ph.D. Ye. Znakovska⁵[0000-0002-9064-6256], **Dr.Sci O. Sushchenko**⁶[0000-0002-8837-1521],
Ph.D. O. Pogurelskiy⁷[0000-0002-4892-0100], **Ph.D. R. Volianskyi**⁸[0000-0001-5674-7646],
^{1,2,3,4,5,6,7} National Aviation University, Ukraine
⁸ National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine
EMAIL: ¹(corresp.) oleksii.holubnychi@npp.nau.edu.ua, ²maximus2812@ukr.net,
³ostroumov@ukr.net, ⁴ayu@nau.edu.ua, ⁵zea@nau.edu.ua, ⁶sushoa@ukr.net,
⁷pogurelskiy@gmail.com, ⁸volianskyi.roman@lll.kpi.ua

**ПІДХІД МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ЕМ
АЛГОРИТМУ ДО КЛАСТЕРИЗАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ
ЗАГРОЗ В ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖАХ**

Dr.Sci. O. Голубничий¹, **Dr.Sci. М. Заліський**², **Dr.Sci. І. Остроумов**³,
Dr.Sci. Ю. Авер’янова⁴, **Ph.D. Є. Знаковська**⁵, **Dr.Sci. О. Сущенко**⁶,
Ph.D. О. Погурельський⁷, **Ph.D. Р. Волянський**⁸
^{1,2,3,4,5,6,7} Національний авіаційний університет, Україна
⁸ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Abstract. The article is devoted to synthesizing a machine learning approach for clustering of multidimensional threats in heterogeneous networks, which is based on the expectation-maximization (EM) algorithm.

Keywords: cybersecurity, heterogeneous network, machine learning.

Анотація. Стаття присвячена синтезу підходу машинного навчання для кластеризації багатовимірних загроз у гетерогенних мережах, який базується на ЕМ (expectation-maximization) алгоритмі.

Ключові слова: кібербезпека, гетерогенні мережі, машинне навчання.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Cybersecurity threats in heterogeneous network are characterized by different natures. This is caused by the behavior of these networks, which are characterized by a set of transferring methods and sub-structures (nodes, links, channels, multiple access etc.). These components of heterogeneous networks can be attributed to different types and are related to various aspects, including in the context of cybersecurity. The goal of the research is to propose a machine learning approach for clustering of multidimensional threats in heterogeneous networks, which is based on the expectation-maximization (EM) algorithm [1] that deals with a Gaussian mixture model [2]. The aim of the proposed machine learning approach is an unsupervised clustering of partial threats within a complex multidimensional cybersecurity threat into subsets, which makes possible finding interconnections between these partial threats in each subset and producing complex cybersecurity solutions for them. The special feature of this study is that the complex multidimensional cybersecurity threat is analyzed through a Gaussian mixture model approach. This is implemented by means of such iterative procedures of the EM algorithm as the expectation (E-) and maximization (M-) steps. The clustering of partial threats within a complex multidimensional cybersecurity threat can be obtained in the proposed approach using hidden variables of Gaussian mixture model, which are the posterior probabilities that some partial threat belongs to some component of a Gaussian mixture. Simulations of different examples of analysis of complex multidimensional cybersecurity threat using the proposed approach allow stating such its main features:

- 1) a fast convergence of clustering (few iterations are required);
- 2) a robust clustering (hidden variables of the Gaussian mixture model are characterized by a very small deviation from 0 and 1);
- 3) the same initial parameters can be used for different complex multidimensional cybersecurity threats;
- 4) an unsupervised feature of the proposed approach (clusters are being organized automatically during iterative procedures using only input data).

References

- [1] Gupta M.R., Chen Y.: Theory and use of the EM algorithm. Foundations and trends® in signal processing. Vol. 4, No. 3, pp. 223–296 (2011). <https://doi.org/10.1561/20000000034>.
- [2] Huang T. et al.: Model selection for Gaussian mixture models. Statistica sinica. Vol. 27, pp. 147–169 (2017). <https://doi.org/10.5705/ss.2014.105>.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

UDC 004.056: 004.9+629.4

**NEW CRYPTOSYSTEM BASED ON LINEAR EQUATIONS FOR
LOGARITHMIC SIGNATURES**

Dr.Sci. G. Khalimov ^{1[0000-0002-2054-9186]}, **Dr.Sci. Y. Kotukh** ^{2[0000-0003-4997-620X]}

¹*Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine*

²*Yevhenii ereznyak Military Academy, Ukraine*

EMAIL: ¹*gennadykhalimov@gmail.com*, ²*yevgenkotukh@gmail.com*

**НОВА КРИПТОСИСТЕМА НА ОСНОВІ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ
ДЛЯ ЛОГАРИФМІЧНИХ ПІДПИСІВ**

Dr.Sci. Г. Халімов¹, Dr.Sci. Ю. Котух²

¹*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,*

²*Військова академія Євгенія Єрезняка, Україна*

Abstract. *The paper considers a cryptosystem for directional encryption based on logarithmic signatures connected using a system of linear equations. A logarithmic signature is a basic cryptographic primitive in an algorithm with distinct cryptographic properties of non-linearity, non-commutability, unidirectionality, key factorization, and an initial cryptographic transformation in the algorithm. The secrecy of the cryptosystem is determined by the incompleteness of the system of equations and the high level of uncertainty of the matrix transformations used in the algorithm.*

Keywords: *LINE, linear equations, logarithmic signature, cryptosystem, encryption.*

Анотація. *У роботі розглянуто криптосистему для спрямованого шифрування на основі логарифмічних підписів, пов'язаних за допомогою системи лінійних рівнянь. Логарифмічний підпис є базовим криптопримітивом в алгоритмі з відмінними криптографічними властивостями нелінійності, некомутативності, односпрямованості, факторизованості по ключу та початковим криптографічним перетворенням в алгоритмі. Секретність криптосистеми визначається неповнотою системи рівнянь і високим рівнем невизначеності матричних перетворень, що використовуються в алгоритмі.*

Ключові слова: *LINE, лінійні рівняння, логарифмічний підпис, криптосистема, шифрування.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Historically, integer factorization and discrete logarithmization have dominated public-key cryptography. In 1994, Shor demonstrated that large-scale quantum computers could easily solve these traditionally difficult problems. Post-quantum cryptography (PQC) addresses the vulnerability of classical cryptographic systems to quantum computing. NIST evaluates quantum security for cryptosystems, refining candidates for post-quantum cryptography.

A new cryptosystem design paradigm is proposed, relying on problems with many equivalent solutions, avoiding quantum cryptanalysis. The Shamir threshold secret sharing scheme exemplifies this approach, using classical algebraic principles to ensure secrecy. Our proposal is based on a well-established algebraic problem where a unique solution exists only if the system of linear equations is fully defined. However, when dealing with an incomplete system of equations, the number of solutions is determined by the cardinality of the potential solution set. In our formulation, we use linear equations with unknowns, represented by logarithmic subscripts. Typically, the number of equations involving the secret values of logarithmic signatures is fewer than the total number of unknowns, resulting in an incomplete system of linear equations that cannot be resolved in polynomial time. The core of any attack on such a cryptosystem involves sorting and defining variables. The security of a cryptosystem based on incomplete equations relies on the robustness of the solution set. The algorithm centers on the concept of a logarithmic signature, a fundamental cryptographic primitive with attributes such as non-linearity, non-commutativity, unidirectionality, and key-based factorizability. We will further elucidate the key aspects of cryptosystems incorporating logarithmic signatures. An early use of logarithmic signatures in finite permutation groups was introduced in constructing a symmetric cryptosystem. Many encryption schemes and cryptosystems based on logarithmic signature were introduced, including modern advancements [1,2]. The security of this cryptosystem hinges on the secrecy of the homomorphic matrix transformation and the incompleteness of the linear equations related to the values of the logarithmic signatures. The inability to algebraically solve the system, due to the matrix transformation's uncertainty, is a result of the incomplete definition of linear equation systems for matrix equations and a probabilistic assessment of the feasibility of constructing such a system. The lack of a verification mechanism for solutions in an attack on a secret matrix transformation, based on random samples of logarithmic signatures, suggests a probabilistic

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

assessment of the attack's success. However, polynomial attacks on the algorithm are not feasible, as the data (records of arrays) are structured as random sets without regular patterns. While simple logarithmic signatures are well-structured, the secret transformations used to construct protected logarithmic signatures introduce significant randomization in array records.

We consider the general parameters of the cryptosystem as follows: m - bit length of logarithmic signatures, K as a number of logarithmic signatures in the cryptosystem, L as a number of factorizable logarithmic signatures in the cryptosystem, r_k types of logarithmic signatures. Below are the sizes of keys for building a cryptosystem with parameters $k = 4$,

$K = k \times k = 16$, $L = 8$, $r_{k_1, k_2} = \overbrace{(2, 2, \dots, 2)}^m$ [3]. It should also be noted that the arrays λ_k are generated as random entries and can be generated based on the initial value. The secret keys are β_k , t_k , τ_k , ψ and public are defined as γ_k , λ_k .

Table 1 – Secret keys costs

m	Costs for secret keys				
	$ \beta_k = 2Km$ byte	$ t_k = Km$ byte	$ \tau_k = Km$ byte	$ \psi = m^2$ byte	$ \beta_k + t_k + \tau_k + \psi $ byte
8	256	128	128	8	520
16	1024	512	512	32	1080
32	4096	2048	2048	128	8320
64	16384	8192	8192	512	33280

Table 2 – Public keys costs

Public key costs		
$ \gamma_k = \beta_k $ byte	$ \lambda_k = \alpha_k $ byte	$ \gamma_k + \lambda_k $ byte
256	32	288
1024	32	1056
4096	32	4128
16384	32	16416

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The confidentiality of the cryptosystem relies on the presence of an incomplete system of equations and the substantial ambiguity inherent in the matrix transformations integral to the algorithm. LINE embodies the security levels ranging from 1 to 5, as stipulated by NIST, and thus presents a promising candidate for post-quantum cryptosystems. A cryptosystem based on an incomplete system of linear equations with respect to logarithmic signatures is a strong candidate for post-quantum cryptography [4]. The directional encryption algorithm is well-scalable concerning computing costs, memory, and hardware platform limitations without reducing the high level of secrecy. By selecting the general parameters of the cryptosystem, the declared NIST levels of secrecy of 128, 192, and 256 bits are realized.

The cost of public keys when calculating over words of 16 or 32 bits ranges from 1 to 4 Kbytes, comparable to the best candidates for post-quantum cryptography.

References

[1]. Gennady Khalimov, Yevgeniy Kotukh, and Svitlana Khalimova. Encryption scheme based on the automorphism group of the Ree function field. In 2020 7th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS), pages 1–8. IEEE, 2020.

[2]. G. Khalimov, Y. Kotukh, S. Khalimova_ "Improved encryption scheme based on the automorphism group of the Ree function field " 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS) , IEEE Xplore: 14 May 2021, DOI: 10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422514.

[3]. Gennady Khalimov, Yevgen Kotukh, Maksym Kolisnyk, Svitlana Khalimova, & Oleksandr Sievierinov. (2024). LINE: Cryptosystem based on linear equations for logarithmic signatures.

UDC 621.391:519.2:519.7

**NEW STATISTICAL CRITERION FOR CHECKING
INDEPENDENCE OF BIT RANDOM VARIABLES AND
SEQUENCES**

Leading researcher L. Kovalchuk^[0000-0003-2874-7950]

Leading researcher A. Davydenko^[0000-0001-6466-1690]

O. Bespalov^[0000-0001-7126-6752]

G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, Ukraine

EMAIL: lusi.kovalchuk@gmail.com, davidenkoan@gmail.com,

alex5dh@gmail.com

**НОВИЙ СТАТИСТИЧНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ
НЕЗАЛЕЖНОСТІ БІТНИХ ВИПАДКОВИХ ЗМІННИХ ТА
ПОСЛІДОВНОСТЕЙ**

**Провідний науковий співробітник Л. Ковальчук
Провідний науковий співробітник А. Давиденко
О. Беспалов**

Г.Є. Пуховський інститут моделювання в енергетиці, Україна

Abstract. *The paper proposes a strictly justified statistical criterion for checking the pairwise independence of bit sequences, which can be considered as realization of random variables from a certain set. The corresponding algorithm that implements the independence check according to this criterion is also developed and clearly formulated. The resulting tool is very relevant for statistical verification of the cryptographic qualities of various cryptographic primitives, the functioning of which relates to the generation of random/pseudo-random sequences.*

Keywords: *statistical criterion, random variables, independence of random variables, random/pseudorandom sequences generation.*

Анотація. *У роботі пропонується строго обґрунтований статистичний критерій для перевірки попарної незалежності бітових послідовностей, які розглядаються як реалізації випадкових величин з деякої множини. Також розроблено та чітко сформульовано відповідний алгоритм, який реалізує перевірку незалежності послідовностей відповідно до цього критерію. Отриманий інструмент є необхідним для перевірки криптографічних якостей різних криптопримітивів, функціонування яких пов'язане з генеруванням випадкових/псевдовипадкових послідовностей.*

Ключові слова: *статистичний критерій, випадкові величини, незалежність випадкових величин, генерація випадкових/псевдовипадкових послідовностей.*

When creating new cryptographic algorithms, in particular pseudorandom/random sequence generators, or stream ciphers, the following requirements must be met [1, 2]: analytical justification of the algorithm's resistance to main known attacks; statistical investigations of the cryptographic properties of the algorithm's output gamma (often the properties of intermediate gammas of the algorithm are also investigated, such as the sequence of its internal states, or so). At the same time, we can often see the lack of attention paid to an equally important issue concerning statistical investigations of the mutual independence of parts of the output/intermediate sequences. Indeed, if, for example, the output sequence

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

depends on the input sequence, then output sequence may not have the property of unpredictability. If certain tools, like commonly used sets of statistical tests, exist for statistical investigations of the properties of the output gamma [3], there is currently no standardized or at least generally accepted methodology for checking the statistical independence of sequences, which may be interpreted as independence of random variables with corresponding realizations. The method proposed in this paper is based on calculating the determinant of the correlation matrix. Its main advantages are significantly lower computational complexity as well as intuitive clarity. The other advantage is that it needs no tables with probabilistic distributions, such as χ^2 or normal. The disadvantage of the method proposed is some requirements to the length of the sequences to be analyzed, and the larger the number of sequences we check, the larger their length should be.

Let $m, n \in \mathbf{N}$, and $X = \{X^{(i)}, i \in \overline{1, n}\}$ be a set of sequences of independent equally distributed random variables, $X^{(i)} = (x_1^{(i)}, \dots, x_m^{(i)})$ with $x_k^{(i)} \in \{0, 1\}$, and define $a^{(i)} = Ex_k^{(i)} = P(x_k^{(i)} = 1)$, $(\sigma^{(i)})^2 = Var(x_k^{(i)})$.

In what follows, we consider the sequence $(x_1^{(i)}, \dots, x_m^{(i)})$ as a realization of a random variable $X^{(i)}$. Let's formulate a hypothesis H_0 as "the sequences in set (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) are pairwise independent". Alternative hypothesis H_1 is complex and is formulated as a "hypothesis H_0 is not true." The purpose of this work is to build and justify a statistical criterion that will recognize the hypothesis H_0 with a given significance level α . Consider random variables

$$r_k^{(i,j)} = \frac{(x_k^{(i)} - a^{(i)}) \cdot (x_k^{(j)} - a^{(j)})}{\sigma^{(i)} \cdot \sigma^{(j)}}, \quad i, j \in \overline{1, n}, \quad k \in \overline{1, m}.$$

Proposition 1

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Let the sequences $X^{(i)}$ and $X^{(j)}$ are independent. Then $E(r_k^{(i,j)}) = 0$, $Var(r_k^{(i,j)}) = 1$, $i, j \in \overline{1, n}$, $k \in \overline{1, m}$, and if $\alpha^{(i)} = \frac{1}{2}$, $i \in \overline{1, n}$, then $(r_k^{(i,i)})^2 = 1$.

Proposition 2

Let $n \in \mathbb{N}$ and q be positive integer. Let matrix $A = (a_{ij})_{i,j=1}^n$ be a square matrix such that: $a_{ii} = 1$, $i \in \{1, \dots, n\}$; $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$, $i \neq j$: $a_{ij} = a_{ji}$ and $|a_{ij}| \leq q$, $\forall i, j \in \{1, \dots, n\}$, $i \neq j$. Then the following inequality holds: $|\det A - 1 + \sum_{1 \leq i < j \leq n} a_{ij}^2| \leq e^{n^2 q} - 1 - n^2 q - \frac{n^3(n-1)}{2} \cdot q^2$.

Proposition 3

Let $q > 0$ and $\varepsilon \in (0, 1)$. Then, if the sequences $X^{(i)}$ and $X^{(j)}$ are independent, and $m > \frac{1}{q^2} \cdot \ln \frac{2}{\varepsilon}$, then $P(|R^{(ij)}| > q) \leq \varepsilon$.

Now we formulate an algorithm for checking pairwise independence of sequences.

Input: level of significance α ; number n of sequences to be tested.

1. Calculate $q = \frac{1}{n^2}$ and $m = \frac{1}{q^2} \cdot \ln \frac{2}{\varepsilon}$.
2. Generate n sequences $X^{(i)}$, $i \in \overline{1, n}$, of the lengths at least m (or take them from the given set).

3. Calculate the elements of a matrix $A = (R^{(ij)})_{i,j=1}^n$.

4. Calculate $d = \det A$ and $t = \left| \det A - 1 + \sum_{1 \leq i < j \leq n} a_{ij}^2 \right|$.

5. If $t \leq e - 2.5 \approx 0.218$, then *output* “hypothesis H_0 is accepted”, otherwise *output* “hypothesis H_0 is rejected”.

References

[1]. Christof Paar, Jan Pelzl, "Stream Ciphers", Chapter 2 of "Understanding Cryptography, A Textbook for Students and Practitioners". Springer, 2009. URL: https://dosen.itats.ac.id/sitiagustini/wp-content/uploads/sites/78/2017/05/Understanding_Cryptography_Chptr_2-Stream_Ciphers.pdf.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2]. Matt J. B. Robshaw, Stream Ciphers Technical Report TR-701, version 2.0, RSA Laboratories, 1995 <https://www.networkdls.com/Articles/tr-701.pdf>.

[3]. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. NIST Special Publication 800-22, 1999. Rev. 1. – 131 p.

UDC 004. 942

**A NEURAL NETWORK MODEL FOR PREDICTING THE FLOW
PARAMETERS OF TRANSPORT SYSTEMS**

Dr.Sci. O. Pihnastyi^{1[10000-0002-5424-9843]}, **Ph.D. G. Kozhevnikov**^{2[0000-0002-6586-6767]},
O. Matiash^{3[30009-0000-3379-3260]}

^{1,2,3} *National Technical University " Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine*
EMAIL: ¹pihnastyi@gmail.com, ²heorhii.kozhevnikov@khpi.edu.ua,
³oleksii.matiash@cit.khpi.edu.ua

**НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

Dr.Sci. O. Пігнастий, Ph.D. Г. Кожевников, О. Матіяш

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна*

***Abstract.** The construction of a model for predicting flow parameters of a distributed transport system of the conveyor type is considered. The rationale for using a neural network to model a transport system consisting of a large number of individual sections is given. The analysis of transport conveyor models is carried out.*

***Keywords:** conveyor, distributed system, control.*

***Анотація.** Розглянуто побудову моделі прогнозування параметрів потоку розподіленої транспортної системи конвеєрного типу. Наведено обґрунтування використання нейронної мережі для моделювання транспортної системи, що складається з великої кількості окремих ділянок. Проведено аналіз моделей транспортних конвеєрів.*

***Ключові слова:** конвеєр, розподілена система, управління*

The conveyor type transport system is the main method of transporting material in mining industry. The average share of the cost of transporting a unit mass of material is 20% of the total cost of coal mining [1, 2]. Costs are especially noticeable for long multi-sectional transport systems and branched transport systems. As the length of the transport system increases,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

transportation costs increase too. Uneven coming of material at the input of the transport system leads to an uneven distribution of material along the transportation route. It's the one of the main reason for the inefficient use of transport conveyor.

The reduction of transport costs is achieved by increasing the level of material loading of the transport system. To increase the level of loading of the transport system, the speed of the conveyor belt or the amount of the output flow from the storage hopper are controlled.

When designing systems for controlling the transportation of a material for a conveyor consisting of several sections, models are used based on the equations of system dynamics [3], the aggregated equation of state [4], the Lagrange equations, the finite element method [5-7]. With an increase in the number of sections to several dozen, these methods lose their relevance due to a significant increase in the complexity of the computational algorithm. It is proposed to use a transport conveyor model based on neural networks to design a system for controlling the flow parameters of the transport system.

The construction of a model for predicting flow parameters of a distributed transport system of the conveyor type is considered in the report. The rationale for using a neural network to model a transport system consisting of a large number of individual sections is given. The analysis of transport conveyor models is carried out. It is shown that the model of a transport system, which is based on a neural network, can be successfully applied to predict the flow parameters of a transport system consisting of a very large number of sections. The architecture of the neural network and the technique of forming a data set for its training are proposed. To train the neural network, the back propagation method of error was used.

The transport delay time of a particular section was determined and the duration of the transition period was estimated. The effect of the occurrence of peak values for the flow parameters of the transport system is studied. The application of the model for predicting the peak values of the flow parameters of the transport system is considered. Assessed the results of predicting the output flow of the transport system.

References

- [1] Mathaba T., Xia X. A parametric energy model for energy management of long belt conveyors. *Energies*, 8(12) (2015) 13590-13608. <https://doi.org/10.3390/en81212375>

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2] Shen Y., Yu Y., Miao P., Yu H., Qu S. Energy efficiency optimization of belt conveyors based on finite-time recurrent neural networks, Proceedings of 11th Asian Control Conference (ASCC), pp. 238-244, Gold Coast, QLD, Australia (2017). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8287404>

[3] M. Yaqot, Menezes B. C., Kelly J. D. Real-time coordination of multiple shuttle-conveyor-belts for inventory control of multi-quality stockpiles, Computers & Chemical Engineering, 178 (2023) 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2023.108388>

[4] He D., Liu X., Zhong B. Sustainable belt conveyor operation by active speed control, Measurement, 154 (2020) 107-113. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224119313259#preview-section-abstract>

[5] Wheeler C. A. Development of the rail conveyor technology, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 33(2) (2019) 118–132. <https://doi.org/10.1080/17480930.2017.1352058>

[6] He D., Y. Pang, G. Lodewijks, Liu X. Determination of Acceleration for Belt Conveyor Speed Control in Transient Operation. International Journal of Engineering and Technology, 8(3) (2016) 206–211. <http://dx.doi.org/10.7763/IJET.2016.V8.886>

[7] Karolewski B., Ligocki P., Modelling of long belt conveyors. Maintenance and reliability. 16(2), (2014) 179–187. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-ce355084-3e77-4e6b-b4b5-ff6131e77b30>

UDC 004. 942

**ON THE POSTQUANTUM PROTOCOL BASED SHORT DIGITAL
SIGNATURES WITH MULTIVARIATE MAPS OVER
ARITHMETICAL RINGS**

Dr.Sci V. Ustimenko ^{1,2[0000-0002-2138-2357]},
Ph.D. O. Pustovit ^{2[0000-0002-3232-1787]}

¹*University of Royal Holloway in London, United Kingdom*

²*Institute of Telecommunications and the Global Information Space of the National
Academy of Sciences of Ukraine*

EMAIL: ¹vasylustimenko@yahoo.pl, ²sanyk_set@ukr.net

ПРО ПОСТКВАНТОВІ КОРОТКІ ЦИФРОВІ ПІДПИСИ НА
ОСНОВІ ПРОТОКОЛІВ З ВІДОБРАЖЕННЯМИ ВІД БАГАТЬОХ
ЗМІННИХ НАД АРИФМЕТИЧНИМИ КІЛЬЦЯМИ

Dr.Sci В. Устименко, Ph.D. О. Пустовіт

¹Університет Королівського Холловея, Егам Хілл, TW20 0EX, Лондон

²Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН
України

Abstract. We implement new scheme of the short digital signature which is different from schemes based on multivariate public keys. The scheme started from inverse twisted Diffie-Hellman protocol based on two Eulerian endomorphisms G_i , $i=1,2$ of $Z_2^s[x_1, x_2, \dots, x_n]$ moving each x_i to monomial term $mx_1^{d(1)}x_2^{d(2)}\dots x_n^{d(n)}$, $m \in Z_2^{*s}$ and acting on $(Z_2^{*s})^n$ as bijective maps. So correspondents Alice and Bob elaborate mutually inverse transformations X and Y the space of hash values $(Z_2^{*s})^n$. Another twisted Diffie Hellman protocol is used for safe delivery from Alice to Bob of bijective affine transformation A of space $(Z_2^s)^n$ preserving $(Z_2^{*s})^n$. Bob uses his combination YAY for the verification of digital signature of Alice on hash value h from $(Z_2^{*s})^n$. Alice sends the tuple $XA^{-1}X(h)$ as her signature. For practical use $(Z_2^{*s})^n$ can be identified with the n -dimensional vector space over the finite field F_q , $q=2^{s-1}$ or affine space $(Z_q)^n$. The cost of single protocol is $O(n^3)$ and the cost of the computation of the reimage of used nonlinear map is $O(n^2)$. So the verification of n^t , $t \geq 1$ signatures takes time $O(n^{t+2})$.

We present several other cryptographic algorithms based on Eulerian transformations and endomorphisms of $Z_2^s[x_1, x_2, \dots, x_n]$.

Keywords: Symmetric stream ciphers, Digital signatures, Protocol based cryptosystems, Noncommutative Cryptography, Eulerian transformations

Анотація. Ми реалізуємо нову схему короткого цифрового підпису, яка відрізняється від схем, заснованих на публічних ключах криптографії від багатьох змінних. Схема заснована на зворотному підкрученому протоколі Діффі-Хеллмана на основі двох ейлерових ендоморфізмів G_i , $i=1,2$ $Z_2^s[x_1, x_2, \dots, x_n]$, що переміщують кожен x_i до мономіального члена $mx_1^{d(1)}x_2^{d(2)}\dots x_n^{d(n)}$, $m \in Z_2^{*s}$ і діють на $(Z_2^{*s})^n$ як бієктивні відображення. Тож кореспонденти Аліса та Боб розробляють взаємно обернені перетворення X та Y простору хеш-значень $(Z_2^{*s})^n$. Ще один підкручений протокол Діффі Хеллмана використовується для безпечної доставки від Аліси до Боба бієктивного афінного перетворення A простору $(Z_2^s)^n$ збереження $(Z_2^{*s})^n$. Боб використовує свою комбінацію YAY для перевірки цифрового підпису Аліси на хеш-значенні h із $(Z_2^{*s})^n$. Аліса надсилає кортеж $XA^{-1}X(h)$ як свій підпис. Для практичного використання $(Z_2^{*s})^n$ можна ототожити з n -вимірним векторним простором над скінченним полем F_q , $q=2^{s-1}$ або афінним простором $(Z_q)^n$. Складність одного протоколу становить $O(n^3)$, а складність обчислення

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

відображення використаного нелінійного відображення становить $O(n^2)$. Отже, перевірка n^t , $t \geq 1$ підписів займає час $O(n^{t+2})$.

Ми представляємо кілька інших криптографічних алгоритмів, заснованих на перетвореннях Ейлера та ендоморфізмах $Z_2^s[x_1, x_2, \dots, x_n]$.

Ключові слова: симетричні потокові шифри, цифрові підписи, протокольні криптосистеми, некомутативна криптографія, Ейлерові перетворення

The talk reflects some research outcomes of the project on Post – Quantum Cryptography which was conducted and in 2021-2023 in the Institute of telecommunications and global information space of NAS Ukraine and new project in the same topic started in 2024. The research is dedicated to enhancing the applied methods of Algebraic Combinatorics to problems of Information Security motivated by cyber terroristic threats, problems of secure processing of Big Data and threats of Quantum Computer use for in cryptanalytic algorithms. The last threat motivated Post – Quantum Cryptography which is created for the development of cryptographic algorithms resistant against attacks with the use of quantum computing.

The progress in the design of experimental quantum computers is speeding up lately. Expecting such development the National Institute of Standardisation Technologies of USA announced in 2017 the tender on standardisation best known quantum resistant algorithms of asymmetrical cryptography. The competition is already had four rounds.

The last algebraic public key «Unbalanced Oil and Vinegar Rainbow like digital signatures» (ROUV) constructed in terms of Multivariate Cryptography was rejected in 2021 (see [1]). Certain hopes of algebraists are connected with so called Noncommutative Cryptography which is based on problems connected with the studies of algebraic objects such as groups, semigroups, noncommutative rings and algebras.

There are 5 categories that were considered by NIST in the PQC standardization (the submission date was 2017; in July 2022, the 4 winners and the 4 final candidates were proposed for the 4th round -- this is the current official status). However, the current 8 final winners and candidates only belong to the following 4 different mathematical problems (not the 5 announced at the beginning):- lattice-based,- hash-based,- code-based, - supersingular elliptic curve isogeny based.

It is interesting obfuscation of ROUV with the title “TUOV: Triangular Unbalanced Oil and Vinegar” was presented to NIST (see

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

<https://csrc.nist.gov/csrc/media/Projects/pqc-dig-sig/documents/round-1/spec-files/TUOV-spec-web.pdf> by principal submitter Jintaj Ding. The research on the construction of new quadratic multivariate public keys and their cryptanalytic investigation is continued.

Our talk is dedicated to alternative approach to construct new instruments for digital signatures. We suggest several new protocol based cryptosystems which security rest on the complexity of hard problems of Noncommutative Cryptography . The complexity of used protocol is $O(n^3)$ (see [2]). After the execution of $O(1)$ protocols correspondents can use obtained digital signatures scheme as many times as they want. The cost of single signature is $O(n^2)$ where n is the length of the hash file of the document. The complexity of the verification of the signatures of $O(n^t)$ documents is $O(n^{t+2})$.

References

[1] Ward Beullens, Improved Cryptanalysis of UOV and Rainbow, In Eurocrypt 2021, Part 1, pp. 348-373.

[2] V. Ustimenko, On Eulerian semigroups of multivariate transformations and their cryptographic applications. European Journal of Mathematics 9, 93 (2023).

UDC 004. 942

**THE COMPARATOR IDENTIFICATION METHOD TO
REPRESENT UNSTRUCTURED DATA**

Ph.D. I. Shubin^{1[0000-0002-1073-023X]}, **V. Usachov**^{1[0009-0001-6264-2039]},
Ph.D. Z. Dudar^{1[0000-0001-5728-9253]}, **Ph.D. G. Pliekhova**^{2[0000-0002-6912-6520]},
Ph.D. M. Kostikova^{2[0000-0001-5197-7389]}

¹*Kharkiv National University of Radio Electronics,*

²*Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine*

*EMAIL: igor.shubin@nure.ua, volodymyr.usachov1@nure.ua, zoia.dudar@nure.ua,
plehovaanna11@gmail.com, kmv_topaz@ukr.net*

**МЕТОД КОМПАРАТОРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ПРЕДСТАВЛЕННЯ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ**

**Ph.D. І. Шубін, В. Усачов, Ph.D. З. Дудар, Ph.D. Г. Плехова,
Ph.D. М. Костікова**

¹*Харківський національний університет радіоелектроніки,*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** As a result, we get a set of training materials combined in a logical sequence in an individual approach to learning. in the form of navigation rules. The tools for representing and classifying unstructured data in multimedia systems proposed in the work are based on the use of the comparator identification method for dividing into equivalence classes and linking.*

***Keywords:** Comparator identification method to represent unstructured data*

***Анотація.** В результаті ми отримуємо набір навчальних матеріалів, об'єднаних в логічну послідовність в індивідуальний підхід до навчання. у вигляді правил навігації. Запропоновані в роботі засоби представлення та класифікації неструктурованих даних у мультимедійних системах базуються на використанні методу ідентифікації компаратора для розбиття на класи еквівалентності та зв'язування.*

***Ключові слова:** метод ідентифікації компаратора для представлення неструктурованих даних*

In general, hypermedia structures change the principle of knowledge extraction, being a means of controlling the process of cognition itself. At the same time, the role of the student himself in this process increases to a large extent.

Hypermedia combines the ability of databases to adequately respond to a request with a variety of forms of information presentation. Connected by a network of mutual links, hyperspace can contain video and sound recordings, statistical diagrams, tables, geographical maps, fragments – the results of complex procedures. Independence from a rigid data grouping scheme favorably distinguishes hypermedia from classical information, but leads to an increased complexity of its development [1].

The architecture of such a system should include a user interface subsystem, a multimedia database subsystem [2], and an execution subsystem.

With such a presentation of data, the task arises of dividing and structuring the educational material, taking into account psychological, pedagogical, methodological and ergonomic requirements; dividing the received information into equivalence classes in order to explicitly express semantic connections between the data of the created hypermedia structure.

The goal of the work is to present and classify unstructured data in multimedia systems; it is proposed to use the method of comparator identification to divide into equivalence classes and link into a

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

hyperstructure the documents selected as a result of a query to the multimedia database.

Suppose that as a result of some user request to the training system, n documents were selected from the hypermedia documents $t_i, i = \overline{1, n}$. All the obtained multimedia data was obtained as a result of some query processing procedure, according to which the index records of the documents contain one or more concepts of $P_j, j = \overline{1, m}$ the knowledge base of the problem area (or descendants of the required concepts), which act as an analogue of keywords in the indexing of documents.

Let's denote the set of hypermedia documents with $T = \{t_i\}, 1 \leq i \leq n$; and the set of initial concepts of the problem area and the relations between them are through $P = \{p_j\}, 1 \leq j \leq m$.

A system of logical predicate equations is capable of applying domain knowledge derived from a smaller problem to more complex problems of the same or related field, but currently the vast majority of logical and evolutionary computational methods lack this ability.

The lack of ability to apply already acquired knowledge about the subject area leads to the consumption of more resources and time to solve more complex problems of the subject area.

Depending on how the problem grows in size, it becomes difficult, and sometimes even impractical (if not impossible) to solve due to the resources and time required. Therefore, a system is needed that has the ability to reuse the knowledge gained about a problem industry to scale in that area.

In contrast to traditional systems, the concepts of P_j are heterogeneous objects that are elements of the model of the problem area: concepts, properties, meanings of these properties, composite concepts, etc.

At the same time, multiple indexing can be used to represent multimedia data from different points of view, as well as to implement various strategies or teaching methods. Consequently, the heterogeneity of the concepts of hypermedia educational systems is also determined by the difference in the mechanisms of folding the hypermedia information. In general, the set of concepts P describes in a condensed form the documents of the set T .

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Adaptive hypermedia technologies use different types of user models to adapt the content and links of hypermedia pages to his individual characteristics.

Information about the subject of training is received from educational resources distributed in the network. As a result, we get a set of training materials combined in a logical sequence in an individual approach to learning. in the form of navigation rules. The tools for representing and classifying unstructured data in multimedia systems proposed in the work are based on the use of the comparator identification method for dividing into equivalence classes and linking.

References

[1] I. Shubin, A. Kozyriev, V. Liashik, G. Chetverykov, Methods of adaptive knowledge testing based on the theory of logical networks, in: CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS, 2021, pp. 1184–1193. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2870/paper86.pdf>.

[2] Z. Dudar, I. Shubin, A. Kozyriev, Individual Training Technology in Distributed Virtual University. The book series: Lecture Notes in Networks and Systems (volume 212), 2021. doi: 10.1007/978-3-030-76343-5_20.

UDC 004.9:37.091.3

**THE METHOD OF IMPROVING THE QUALITY OF USING
ELECTRONIC RESOURCES FOR EDUCATION**

Dr.Sci. N. Axak^{1[0000-0001-8372-8432]}, **Ph.D. M. Kushnaryov**^{2[0000-0002-3772-3195]},
A. Tatarnykov^{3[0000-0002-1632-8188]}

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine
EMAIL: ¹natalia.axak@nure.ua, ²maksym.kushnarov@nure.ua,
³andrii.tatarnykov@nure.ua

**МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ НАВЧАННЯ**

Dr.Sci. Н. Аксак, Ph.D. М. Кушнар'ов, А.Татарников
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** This paper examines the role of digital technologies in ensuring quality education, as one of the goals of the UN Sustainable Development Agenda for 2030. Particular attention is given to the integration of advanced technological tools into the educational process to enhance digital literacy among students. The benefits of using electronic resources to ensure educational accessibility, create individualized learning paths, and reduce costs are analyzed. Additionally, the role of intelligent agents in generating recommendations to improve the learning process based on statistical data collected from students and teachers is explored.*

***Keywords:** e-learning, learning management system, behavior monitoring, temporal logic, multi-agent logics.*

***Анотація.** У цій роботі розглядається роль цифрових технологій у забезпеченні якісної освіти, як однієї з цілей сталого розвитку ООН до 2030 року. Особлива увага приділяється інтеграції новітніх технологічних інструментів у навчальний процес для підвищення рівня цифрової грамотності серед студентів. Аналізуються переваги використання електронних ресурсів для забезпечення доступності освіти, створення індивідуальних траєкторій навчання та зниження витрат. Також досліджується роль інтелектуальних агентів у формуванні рекомендацій для покращення навчального процесу на основі статистичних даних, отриманих від студентів та викладачів.*

***Ключові слова:** електронне навчання, система управління навчанням, моніторинг поведінки, темпоральна логіка, мультиагентна логіка.*

One of the fundamental components of the UN's 2030 Agenda for Sustainable Development is quality education. It aims to ensure inclusive and equitable quality education for all. Digital technologies have become an important tool for achieving this goal [1]. Modern technologies evolve rapidly, so learning resources must align with new labor market demands. This requires integrating new tools and platforms into education and enhancing students' digital literacy through modern electronic resources. In the “information age”, when the demand for knowledge is increasing, students are expected to have more information to support and develop their learning process. Some universities have gradually opened up to the concept of e-learning, and they are now integrating e-learning into their teaching to meet diverse learning needs and provide more interactive materials that provide easy access to information [2]. E-resources provide access to quality education for students from different parts of the world, regardless of geographic location. In addition, electronic resources allow creating individual learning paths, adapting materials to the needs and level of knowledge of each student, which increases the efficiency of the learning

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

process. At the same time, students can study at their own pace, which is especially important for those who combine their studies with work or other commitments. The use of video, audio, interactive simulations, and other multimedia elements makes learning more effective and engaging. At the same time, the use of electronic resources can reduce the cost of printing textbooks, renting premises, and other traditional expenses, and online courses and programs can reach a large audience without additional costs for physical infrastructure.

Thus, improving the efficiency and quality of e-learning resources is relevant and necessary to ensure students' competitiveness and readiness to meet the challenges of the modern world.

Digital technologies, including virtual learning environments and social media, are well established in higher education, but little is known about the role these tools play in supporting students to achieve their higher education goals [3].

The architecture of a learning system implies a difficult task for eLearning, which needs to be integrated into a complex system that is flexible, scalable in time, and able to operate for a long time, even though there are many different tools available [4].

An approach that combines agent technology and computer vision allows for the provision of online educational services, enables students to be aware of the progress of their own learning activities and monitor student performance by both teachers and parents [5].

We propose a methodology for conducting a survey among students and teachers, where intelligent agents analyze their answers and generate recommendations for improving the learning process. The result obtained (Fig. 1) is a statistical summary of the survey of students and teachers on the use of electronic resources for learning. This output shows basic statistics for each question, including the mean, standard deviation, minimum and maximum values, and quartiles. The histograms show the distribution of answers to each question.

Correlation matrices help to understand the relationships between different aspects of e-resource use. The statistical analysis provides key indicators that can be useful for formulating recommendations for improving the use of e-learning resources.

Based on the data obtained, intelligent agents create recommendations for students on additional materials, ways to improve self-study and use of electronic resources, and for teachers on teaching methods, interactive tools

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

that can be used to improve interaction with students, and professional development opportunities.

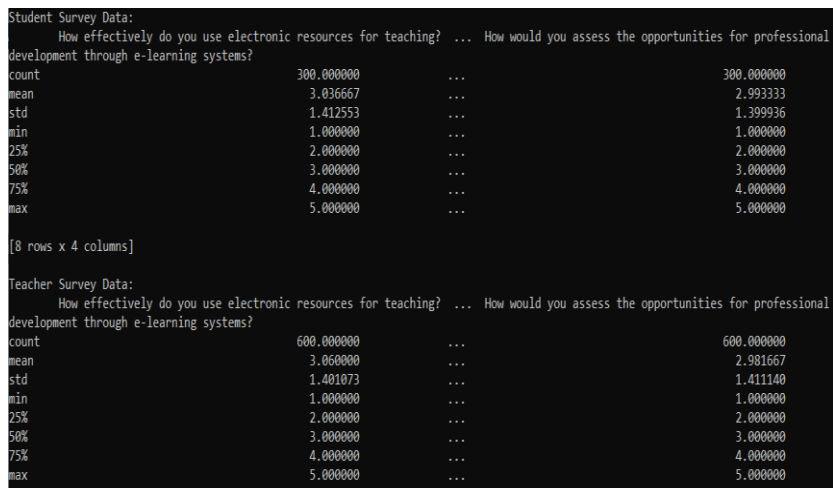


Figure 1. Statistics for each question for students and teachers

Agents can also detect low grades in this area and automatically route requests to the appropriate service for resolution and track user progress and evaluate the effectiveness of the implemented changes.

References

- [1] Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable operations and computers*, 2022. 3, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- [2] Ayu, M. Online learning: Leading e-learning at higher education. *The Journal of English Literacy Education: The Teaching and Learning of English as a Foreign Language*, 2020, 7(1), 47-54.
- [3] Lacka, E., Wong, T. C., & Haddoud, M. Y. Can digital technologies improve students' efficiency? Exploring the role of Virtual Learning Environment and Social Media use in Higher Education. *Computers & Education*, 2021, 163, 104099.
- [4] Al Rawashdeh, A. Z., Mohammed, E. Y., Al Arab, A. R., Alara, M., & Al-Rawashdeh, B. Advantages and disadvantages of using e-learning in university education: Analyzing students' perspectives. *Electronic Journal of E-learning*, 2021, 19(3), 107-117.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[5] Axak, N., Kushnaryov, M., Tatarnykov, A. The Agent-Based Learning Platform. ICST-2023: XI International Scientific and Practical Conference “Information Control Systems and Technologies”, September 21-23, 2023, Odessa, Ukraine, Vol-3513, pp. 263-275.

UDC 004.9:37.091.3

**TRANSFORMATION OF PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL
WORK OF TEACHERS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION
OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT**

Ph.D. N. Bobro^[0009-0003-5316-0809]

European University, Switzerland

EMAIL: natalia@noolab.ch

**ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАЦІ
ПЕДАГОГІВ В КОНТЕКСТІ ДИГІТАЛІЗАЦІЇ ОСВІТЬОГО
СЕРЕДОВИЩА**

Ph.D. Н.Бобро

Європейський університет, Швейцарія

***Abstract.** The article discusses the transformation of professional and pedagogical activities of teachers in the context of the digitalization of the educational environment.*

***Keywords:** digitization, professional and pedagogical work, education*

***Анотація.** У статті розглядається трансформація професійно-педагогічної діяльності вчителя в умовах цифровізації освітнього середовища.*

***Ключові слова:** цифровізація, професійно-педагогічна робота, освіта*

The changes taking place in modern society significantly accelerate the transformation processes in higher education institutions. The changed concept of education prioritizes the strategy of innovative development, which is aimed at introducing the latest technologies and modern approaches to education. The digitalization of the educational environment is a key factor in these changes, opening up new opportunities to improve the learning process, enhance the quality of education, and create innovative formats of interaction between teachers and students. The transformation of teachers' professional and pedagogical work in the context of digitalization requires adaptation to new digital tools and platforms. Teachers need to

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

master not only subject knowledge but also develop competencies in the field of information technology in order to use them effectively in their work [1]. This includes developing and using e-learning resources, organizing distance learning, using interactive teaching methods, and assessing students' knowledge. The role of the teacher as a mentor is also important, helping students to navigate the information space, and develop critical thinking and independent work skills, which is an integral part of the modern educational process. Thus, the digitalization of the educational environment not only changes the forms and methods of teaching, but also requires teachers to continuously develop their professional skills to master new technologies, develop innovative pedagogical approaches, and maintain a high level of adaptability in a rapidly changing educational environment.

In the context of rapid technological development, the role of the teacher is changing, transforming from a source of knowledge to an organizer of educational relations, where the teacher should be able to organize the educational environment in such a way that it is possible to achieve the goals of education and obtain the necessary results that would be useful in future professional activities. The teacher provides practice-oriented training, which creates conditions for the formation and development of professional competence of a future specialist capable of being competitive in the labor market. The teacher's innovative thinking is formed, which is a creative process of using original ideas or ways to solve new problems that teachers have not previously solved (for example, applying for grant and program-targeted funding, managing research projects, filing a patent for an invention, a new approach to the design of educational materials, etc).

Thus, today's teachers are required not only to develop and "digitize" educational materials, and provide information support and support for students, but also to be able to formalize the results of intellectual activity in the form of scientific publications, projects, grants, and patents. Thus, the role of the university professor is changing from that of an informant and a source of knowledge to that of a moderator, mediator, communicator, and manager. The effectiveness of a university teacher's activity in the context of innovative changes is largely determined by the emergence of new functions: entrepreneurial, managerial, administrative, and innovative, for the implementation of which certain conditions must be created, taking into account the teacher's readiness to form appropriate competencies that help to carry out professional activities in the context of changes that are often associated with the concept of innovation. Thus, innovative activity, being a

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

mandatory component of the pedagogical system, is essentially a productive activity that involves creativity, solving non-standard professional problems, conducting interdisciplinary research and is perceived as a prerequisite for professionalism [3]. G.S. Lopushnyak and M.I. Skydan note that professional competence is presented as an integral characteristic that determines the ability of a specialist to solve professional problems that arise in real situations when it can be determined that the teacher's activity significantly affects the formation and improvement of existing competencies [4]. Scientists have identified the relevant competencies of a university teacher: research, innovation, pedagogical, entrepreneurial, social, and managerial.

The research competencies of teachers are revealed in the totality of personally meaningful research knowledge, skills, abilities, experience, value orientations, and behavioral models formed in the process of research activities. Research competencies allow higher education teachers to organize the educational process in a scientifically sound manner and predict its development and results.

The subject of innovative research activities of a teacher of a higher education institution can be scientific and innovative and educational and innovative projects. A teacher with entrepreneurial skills acts as a generator of new ideas and demonstrates the ability to effectively search for and implement them. To solve the updated groups of professional tasks of a university teacher, almost all the competencies presented in Table 1 are also necessary.

A high level of formation of key competencies of a teacher of a higher education institution is an essential characteristic of his/her professional and pedagogical activity, which contributes to dynamic professionalization in a changing environment.

The analysis of the data in Table 1 demonstrates the growing importance of the teacher's innovative competencies in the context of dynamic changes in the education sector, which determines the innovative nature of his/her professional and pedagogical activity. Innovative activity, being a mandatory component of the pedagogical system [5], is considered a prerequisite for professionalism: "Great creative potential, manifested in progressive innovation, creative search, the ability to make effective and non-standard decisions, are directly related to the level of professionalism of the individual and activity" [6].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Based on the information presented in Table 1, it can be argued that the development of key innovation competencies is one of the important tasks facing the system of training of research and teaching staff of higher education institutions.

Table 1. Professional tasks and new competencies of a teacher of a higher education institution

Number p/n	Professional tasks of the teacher	Competencies of the teacher
1	Engaging in productive teamwork (with colleagues, business partners, customers, etc.) to	Research competencies: <ul style="list-style-type: none"> ● Innovative competencies ● Pedagogical competencies ● Entrepreneurial competencies ● Management competencies
2	development of educational programs offered by HEIs that meet the requirements of society	Teamwork competencies, administrative and managerial competencies, increasing personal responsibility for the creation and implementation of products of their work
3	Designing the content of one's discipline in the language of competencies, taking into account innovative changes in the field of education, the ethos of professional activity, using the resource capabilities of the HEI infrastructure	Pedagogical competencies Innovative competencies Didactic competencies
4	Development of the ability to adequately assess the level of professional relevance and choose personal training programs, taking into account changes in the architecture of educational programs and formats of interaction between educational entities	Pedagogical competencies Management competencies

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

A comprehensive analysis of the content and contexts of the professional activity of a teacher of a higher education institution shows that interdependent changes in the educational field and educational institution cause the complexity and innovative nature of the professional and pedagogical activity, which is expressed in the specifics of the professional tasks related to the:

- involvement in productive teamwork (with colleagues, business partners, customers, etc.) to develop educational programs offered by HEIs that meet the requirements of modern society;
- with designing the content of their discipline in the language of competencies, taking into account innovative changes in the engineering industry and the formation of a professionally oriented learning environment for future specialists;
- with the ability to adequately assess the level of their professional relevance and choose the necessary advanced training and professional retraining programs to develop the pedagogical orientation of their activities or professionally oriented orientation;
- with the development of a new type of competencies (managerial, administrative, entrepreneurial) necessary for the design of products of professional and pedagogical activities and the development of innovative mobility.

The existing deficits and difficulties in solving professional problems, and the prospect of new technological changes in the field of education create the need to develop a system of training teachers for professional and pedagogical activities in the context of innovative changes in higher education institutions.

References

- [1]. Bobro N. The Use of Artificial Intelligence in The Organization of the Educational Process in A Digital Educational Environment, *Social Science and Humanities Journal* (2024) 34586-34589. doi:10.18535/sshj.v8i03.945.
- [2]. Yahodzinskyi S. Anthropomorphic information networks and converging technologies: challenge to humanity (vs), step forward?. *Artificial intelligence* (2023) 29-35. doi: 10.15407/jai2023.01.029.
- [3]. Kozhyna, A. Reducing Poverty, Inequality and Social Exclusion in European Countries Based on Inclusive Approaches to Economic Development. *Economics and Management of The National Economy, The Crisis of National Models of Economic System* (2022) 29-32. doi: 10.30525/978-9934-26-269-2-7.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[4]. Лопушняк Г.С., Скидан М.І. Стратегічний аналіз розвитку вищої освіти України в контексті збалансування попиту та пропозиції на ринку праці. Соціальна сфера: виклики та новації. (2022) 27-40. doi: 10.32752/1993-6788-2022-1-248-249-27-40

[5]. Luis A Leiva, Maristella Matera, Johannes Schöning. PACMHCI V7, MHCI, September Editorial. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. (2023) 1–2. doi: 10.1145/3604238

[6]. Bobro, N. Application of artificial intelligence in higher education institutions: foreign experience. Three Seas Economic Journal (2024) 19-23. doi:10.30525/2661-5150/2024-5-3

UDC 004.49

**STAGE OF RISK ASSESSMENT OF CRITICAL
INFRASTRUCTURE CYBER SECURITY BREACH**

Ph.D. Y. Zhyvylo^[0000-0003-4077-7853]

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine
EMAIL: zhivilka@i.ua*

**ЕТАПНІСТЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПОРУШЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ
КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Ph.D. Є. Живило

*Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка”, Україна*

Abstract. *The article is devoted to the methodology for assessing IT risks of critical infrastructure cyber security breach, also present the relationship of stages, methods, blocks of the intelligent system.*

Keywords: *critical information infrastructure, cyber threats, risk assessment, cyber security.*

Анотація. *Стаття присвячена методології оцінки ІТ-ризиків порушення кібербезпеки критичної інфраструктури, а також представлено взаємозв'язок етапів, методів, блоків інтелектуальної системи.*

Ключові слова: *критична інформаційна інфраструктура, кіберзагрози, оцінка ризиків, кібербезпека.*

Today, the implementation of powerful cyber attacks on critical information infrastructure (CII) has a complex, flexible, repeatable and

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

measurable multi-stage pre-planned nature. The modern methodology for assessing IT risks is quite meaningfully described by the National Institute of Standards and Technology (NIST) of the USA. At the same time, the priority areas to which NIST makes amendments and on which it plans to concentrate its efforts are cryptography, education, the latest technologies, risk management, identification and access control, measurement, confidentiality, network reliability and sustainable functioning of platforms [1]. Given the above, in this paper the author determined that the implementation of the algorithm for the application of methods for the analysis of cyber threats (CT) and risk assessment (RA) of breaching the cyber security (CS) of CII of four stages [2]: analysis of CT; scenario modeling; risk assessment; classification of objects.

Under these conditions, the relationship of stages, methods, blocks of the intelligent system is presented in Table 1

Table 1.

Stages	User groups	Methods	Instrumental means
CT analysis	Security engineer	The method of CT analysis of CII	Expert system
Scenario modeling	Security engineer, expert in the field of industrial security	The method of creating scenarios of extreme situations in the energy sector	Bayesian Trust Networks block
RA	Expert (analyst)	The method of RA of breaching the CS of CII	RA block
Ranking of the object	Analyst		

In turn, cyber incidents are logically divided according to the degree of danger, which is determined by the category of cyber incident and the object on which the cyber incident was recorded (the object on which the cyber attack was created) [3]. Therefore, taking into account the above, the analysis of CT and the RA of breaching the CS of CII should consist of the following hierarchical stages (levels) – Stage “Analysis of CT”. At this stage, the characteristics of the object, its identification and the description of the assets of the information and technology system are carried out.

However, the security audit of the enterprise, the organization at the initial stages consists in the identification of critical components and the identification of existing vulnerabilities.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Formally, the initial data of the first stage of cyber threat analysis technology and risk assessment are represented by formula (1).

$$\mathbf{P} = \{ \mathbf{V}, \mathbf{T}, \mathbf{A}, \mathbf{R}_v \} \quad (1)$$

Stage “Scenario Modeling” – is based on “scenario planning” using Bayesian network tools based on existing trust options in the network.

Scenarios are evaluated by the integral indicator of each IP address, DNS name, IP address range, subnet, and even a text file (by scanning).

In connection with the inclusion of CT in the number of strategic threats, the structure of a typical scenario of a threshold situation caused by the realization of CT is proposed, which is represented by formula (2):

$$\mathbf{S} = (\mathbf{X}^f, \mathbf{X}^v, \mathbf{X}^t, \mathbf{X}^c) \quad (2)$$

where: \mathbf{S} is the structure of the scenario of an extreme situation caused by the implementation of CT; \mathbf{X}^f – variables, according to the factors affecting the emergence of an extreme situation; \mathbf{X}^v – variables to indicate vulnerabilities of network assets; \mathbf{X}^t – variables for indicating threats; \mathbf{X}^c – variables, consequences associated with the probable occurrence of an extreme situation. – Stage “RA”. Risk is considered as a combination of the consequences of some event (incident) and the possibility of its occurrence in accordance with the international standard ISO/IEC 27005:2022 “Information security, cybersecurity and privacy protection – Guidance on managing information security risks”.

Risk levels are measured for all critical scenarios where probability and risk outcome values are assigned. The presence of vulnerabilities in the RA allows us to determine the list of critical assets for further justification of the financial costs of ensuring security [4]. – Stage “Classification of objects”. This stage consists in the classification of objects according to established criteria and risk levels for each of them. Therefore, the classification of objects takes place according to the magnitude of the risks of the extreme situation, which covers some territory and the group of objects in their relationship with other objects of the CII, information about which is laid down in the scenario as concepts of consequences, external threats or factors. The classification significance criterion (3) is proposed:

$$\mathbf{KS} = \{ \mathbf{C}, \mathbf{R}, \mathbf{O} \} \quad (3)$$

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

where: **KS** is the significance criterion; **C** is a RA criterion, **R** is an integral indicator of object risks, **O** is an object represented by a set of main characteristics. The result of this stage is a hierarchical list of objects.

Therefore, proposed mathematically grounded approach in comparison with traditional expert assessments of specialists in the field of information protection and CS is confirmed. At the same time, relevant test results can serve as a basis for further research and the creation of decision support systems for the application of risk reduction measures.

References

[1] Zhyvylo Y.O., Shevchenko D.G. Risk assessment of cyber security and control of privacy in public administration information systems // Collection of Scientific Works of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University, No. 75 (09.02.2022): P. 66-77. last accessed May 31, 2024. <https://miljournals.knu.ua/index.php/zbirnik/article/view/957>.

[2] Yevhen Zhyvylo, Vladyslav Kuz Risk Management of Critical Information Infrastructure: Threats-Vulnerabilities-Consequences // Scientific Journal “Theoretical and Applied Cyber Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Vol. 5 No. 2 (2023). P. 68-80.

[3] Zhyvylo E. O. Situation Center of the Ministry of Defense of Ukraine – a model of early detection and analysis of crisis situations in the state security sector. Pressing Problems of Public Administration. 2022. No. 1 (60). P. 27-41. DOI: <https://doi.org/10.26565/1684-8489-2022-1-02>.

[4] Serhii Gnatiuk, Natalia Skibun, Yevhen Zhyvylo, Serhii Voloshko Electronic communications as an important element of sustainable functioning of critical infrastructure // Scientific journal “Modern information technologies in the sphere of security and defense” K.: The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy. 2021. No. 3 (42). P. 105-110.

UDC 004.056: 004.9+629.4

OVERVIEW OF MODERN CYBER SECURITY SOLUTIONS FOR CYBERPHYSICAL SYSTEMS

S. Yevdokymov^[0000-0001-7213-0259]

Kherson State University, Ukraine

EMAIL: serge.evdokimov2015@gmail.com

**ОГЛЯД СУЧАСНИХ РІШЕНЬ З КІБЕРБЕЗПЕКИ
ДЛЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ**

С. ЄВДОКИМОВ

Херсонський державний університет, Україна

***Abstract.** This work examines modern information protection systems, in particular, methods and technologies for detecting and preventing cyberattacks. Special attention is paid to the integration of security mechanisms into the railway infrastructure, as well as to the analysis of the latest trends and challenges in this area.*

***Keywords:** cyber-physical systems, information protection, detection of cyber-attacks, prevention of cyber-attacks, railway infrastructure.*

***Анотація.** У цій роботі розглядаються сучасні системи захисту інформації, зокрема методи та технології для виявлення та запобігання кібератак. Особливу увагу приділено інтеграції безпекових механізмів у залізничну інфраструктуру, а також аналізу новітніх трендів і викликів у цій сфері.*

***Ключові слова:** кіберфізичні системи, захист інформації, виявлення кібератак, запобігання кібератакам, залізнична інфраструктура.*

High interdependence and integration with physical processes create vulnerabilities that can be exploited by attackers to compromise systems and data [1]. Railway infrastructure is particularly susceptible to cyber-attacks, which can lead to serious consequences, such as disruption of train traffic control systems, compromise of passenger data, economic losses, and threats to passenger safety. Thus, there is an urgent need to ensure reliable protection of information in the cyber-physical systems of railway infrastructure. This includes the implementation of modern cryptographic methods, technologies for detecting and preventing cyber-attacks, as well as measures to ensure data integrity and confidentiality.

Recent research and publications in the field of cybersecurity for cyber-physical systems demonstrate significant progress towards protecting critical infrastructure. These advancements focus on the development of more accurate, flexible, and effective cybersecurity solutions for cyber-physical systems that meet the needs of both infrastructure operators and users of transport services [2].

The purpose of this work is to review innovative cybersecurity solutions for the cyber-physical systems of railway infrastructure, ensuring high

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

reliability and operational efficiency of protection through the use of artificial intelligence and machine learning methods.

The object of this research is modern information security tools for cyber-physical systems. The tasks include:

1. Analysis and review of modern approaches, technologies, and methods in the field of cybersecurity for cyber-physical systems.

2. Study of potential threats and vulnerabilities that can affect the security of cyber-physical systems, particularly in the context of industrial control systems, energy, transport, and other critical infrastructures.

In this study, a large amount of data was used to analyze and model the cybersecurity of cyber-physical systems. For example, specialized tools and techniques were employed to process large volumes of structured and unstructured data to detect anomalies and patterns in cybersecurity [3]. Machine learning algorithms were used to automatically detect potential threats and attacks, and artificial intelligence was applied to develop simulation models that can predict system vulnerabilities, assess risks, and automatically improve defense systems. The measurement and analysis of cybersecurity were conducted using mathematical and statistical methods to assess the level of threats and the effectiveness of protection.

Table 1. Cybersecurity Research Findings for Cyber-Physical Systems

Method name	The main content of the study	Main results
Analysis of large volumes of data	Study of the impact of anomalous activities on system security	Patterns of behavior indicating possible cyberattacks have been identified
Machine learning	Development of cyber threat classification models	Achieved 95% threat detection accuracy
Cybermetrics	Measuring the effectiveness of system protection	An increase in the level of protection by 30% per year is estimated
Simulation modeling	Modeling potential cyberattacks and defenses	The effectiveness of new protection measures was checked before their implementation
Penetration testing	Detection and correction of system vulnerabilities	80% of potential vulnerabilities have been identified and fixed

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Table 1 shows various research methods in the field of cybersecurity for cyber-physical systems, the main aspects of their application, and the key results achieved in each direction.

The main threats to cyber-physical systems have been identified as attacks on web applications, abuse of privileges, and anomalous data entry, necessitating a systemic approach to their protection [4]. The use of machine learning methods has enabled the detection of abnormal behavior and the prediction of potential threats in real-time, thereby improving the response speed to cyber-attacks. Figure 1 illustrates the study of potential threats and vulnerabilities of cyber-physical systems, using the example of a MITM (Man-in-the-Middle) attack and corresponding defense measures.

An in-depth analysis of modern approaches and technologies in the field of cybersecurity was conducted, allowing the identification of the most effective protection methods. The application of artificial intelligence and machine learning techniques facilitated not only the detection of abnormal behavior but also the prediction of future threats in real-time [5]. An analysis of implemented cybersecurity measures confirmed their effectiveness in enhancing the overall security and reliability of cyber-physical systems, underscoring the importance of a systemic approach to cybersecurity in the contemporary information environment.

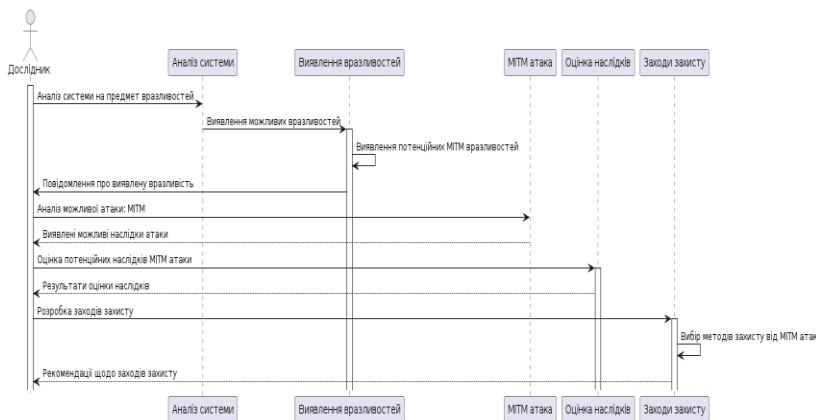


Figure 1. Study of potential threats and vulnerabilities

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The prospect of further research in the field of cybersecurity for cyber-physical systems involves expanding the use of neuro-symbolic methods to develop complex protection models against cyber threats [6]. These models are expected to adapt to new types of attacks and detect them in real-time.

References

- [1] Yevdokymov S. O. Modern systems of information protection / Serhiy Oleksandrovich Yevdokimov. - Kyiv: Drukaryk, 2023. - 380 p.
- [2] Yevdokymov S. O. Applied systems for choosing the optimal route in transport / Serhiy Oleksandrovich Yevdokimov. - Kyiv: FOP Gulyaeva V.M., 2024. - 200 p.
- [3] Garfinkel, S., Adams, C., & Warfield, J. (2014). Understanding cyber-physical attacks and defenses. *IEEE Security & Privacy*, 12(1), 20-26.
- [4] Yevdokymov S. O. System programming: Creating applications on Assembler / Serhiy Oleksandrovich Yevdokimov. – 2nd ed., supplemented and revised. - London, United Kingdom: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2024. - 133 p.
- [5] McLaughlin, S., Lucas, K., Sorber, J., Jiang, J., & Krishnan, S. (2017). Cyber-physical systems and big data: A voluminous challenge. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, 1(1), 4.
- [6] Letychevsky O. Methods of artificial intelligence in the modern world and technologies / Oleksandr Letychevsky // *Svitoglyad*. - 2023. - No. 3. - P. 45-60.

UDC 004.056: 004.9

**ADAPTIVE INTERFERENCE-RESISTANT ENCODING USING
BARKER-LIKE SEQUENCES**

Ph.D. O. Riznyk^{1[0000-0002-3815-043X]}, **Ph.D. Y. Kynash**^{2[0000-0002-3762-32152]},

Ph.D. Y. Pelekh^{3[0000-0003-4153-5418]}, **E. Savelov**^{4[0009-0004-1918-8610]},

E. Matviychuk^{5[0009-0007-2557-1810]}, **Ph.D. L. Flud**^{6[0000-0002-8347-4265]}

^{1,2,3,4,5} *Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

⁶ *Ukrainian National Forestry University, Ukraine*

EMAIL: oleh.y.riznyk@lpnu.ua¹, yurii.y.kynash@lpnu.ua², yurii.m.pelekh@lpnu.ua³,

yevhenii.e.savelov@edu.lpnu.ua⁴, yevhenii.y.matviichuk@lpnu.ua⁶,

fludlybomir@gmail.com⁶

АДАПТИВНЕ ПЕРЕМЕШКОСТІЙКЕ КОДУВАННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ ПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ БАРКЕРА

Ph.D. О. Різник¹, Ph.D. Ю. Кинаш², Ph.D. Ю. Пелех³, С. Савелов⁴,
С. Матвійчук⁵, Ph.D. Л. Флуд⁶

^{1,2,3,4,5} Національний університет «Львівська політехніка», Україна

⁶ Український національний лісотехнічний університет, Україна

Abstract. In this work, an algorithm for quickly finding interference-resistant code sequences is implemented, which can find and correct errors to the greatest extent depending on the length of the received code sequence. A simulation model of interference-resistant coding using ideal ring beams was developed. The software implementation of the simulation model of jamming-resistant coding is used to find and correct errors in the received jamming-resistant code sequences.

Keywords: mirror code sequence, ideal ring bundles, non-equidistant code sequence, non-equidistant combinatorial configuration.

Анотація. У цій роботі реалізовано алгоритм швидкого знаходження завадостійких кодових послідовностей, які можуть знаходити та виправляти помилки найбільшою мірою в залежності від довжини отриманої кодової послідовності. Розроблено імітаційну модель перешикодостійкого кодування з використанням ідеальних кільцевих пучків. Програмна реалізація імітаційної моделі завадостійкого кодування використовується для пошуку та виправлення помилок в отриманих завадостійких кодових послідовностях

Ключові слова: дзеркальна кодова послідовність, ідеальні кільцеві пучки, нееквідистантна кодова послідовність, нееквідистантна комбінаторна конфігурація.

Due to the growing volume of information being transmitted through communication channels, it is becoming increasingly important to implement technologies for coding and decoding data in real-time that are resistant to interference. One method of protection involves encoding information using tamper-resistant codes. Therefore, there is a need to develop an algorithm that can quickly identify interference-resistant code sequences and effectively correct errors, depending on the length of the received code sequence.

The purpose of the work is to improve the method of synthesis and development of a simulation model of interference-resistant coding. To achieve the set goal, it is necessary to solve the following research tasks:

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

- improve the method of synthesis of interference-resistant code sequences using ideal ring bundles;
- develop a simulation model of interference-resistant coding using ideal ring bundles;
- implement the algorithm for finding and correcting errors of the received interference-resistant code sequences.

For the synthesis of non-equidistant interference-resistant code sequences based on IRB [1-4], a diagram of software components has been developed, which is presented in the form of interference-resistant sequence coding modules, random interference generation modules, and interference-resistant sequence decoding modules (Fig. 1).

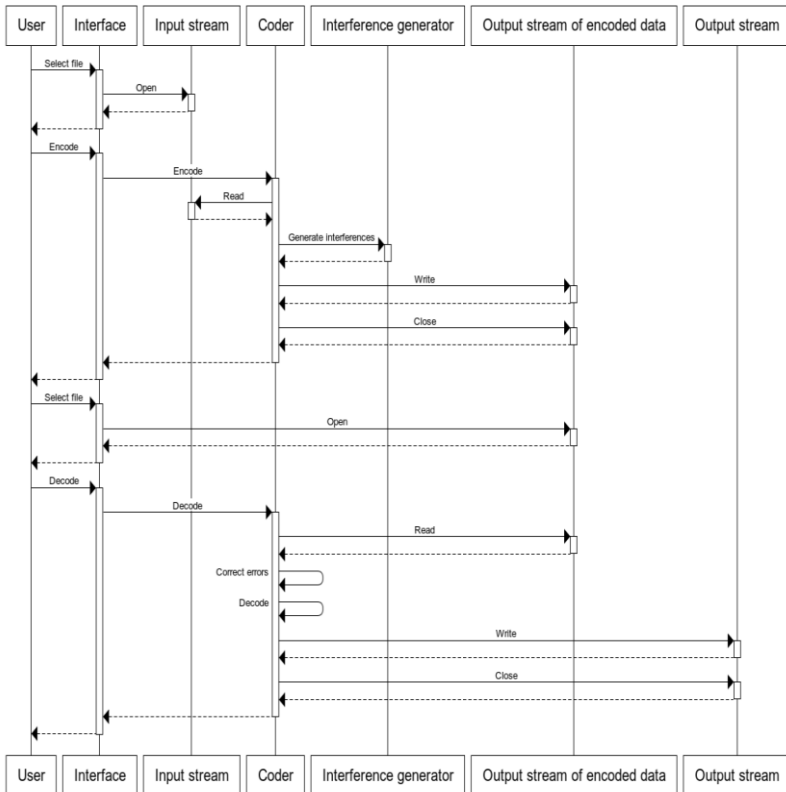


Figure 1. Diagram of the data encoding process

As can be seen from the diagram (Fig. 1) the first action is the selection of a file. Next comes the command to encode the file. While there is no end of the file, we read the data block. Next, we randomly generate obstacles and insert them in the output file stream. Then we close the streams.

The diagram of the sequence of actions for the file decoding process is shown in Fig. 2. Start the data decoding. Encoded data from the file will be read in blocks until the end of the file. Next, the coder checks for errors. If errors are found, the coder corrects them. The next action is to decode the block data and write it to a file. Then we display statistical information about the result of decoding actions.

The proposed interference-resistant code sequences have practical value because the resulting code sequence allows for identifying up to 50% of distorted symbols and correcting up to 25% of distorted symbols within the interference-resistant code sequence's length.

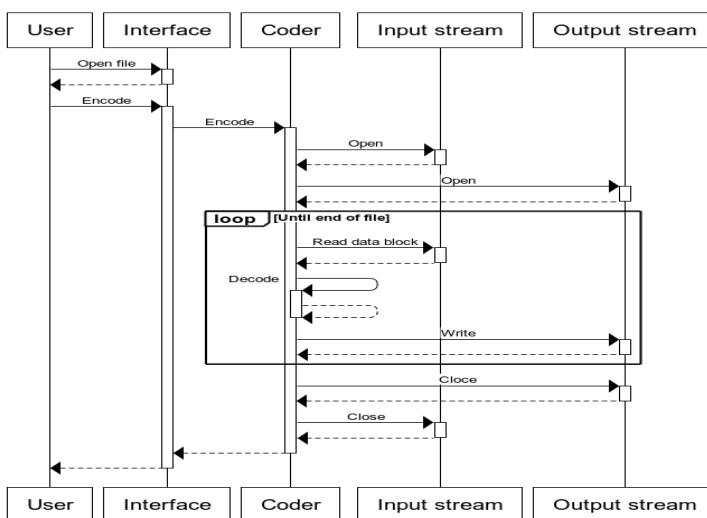


Figure 2. Diagram of the data decoding process

References

[1] I. Tsmots, V. Rabyk, O. Riznyk, Y. Kynash "Method of Synthesis and Practical Realization of Quasi-Barker Codes," 2019 IEEE 14th International

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2019, pp.76-79.

[2] O. Riznyk, O. Povshuk, Y. Kynash, I. Yurchak, "Composing method of anti-interference codes based on non-equidistant structures," 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, pp.15-17, 2017.

[3] O. Riznyk, O. Povshuk, Y. Noga, Y. Kynash, "Transformation of Information Based on Noisy Codes," 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, 2018, pp.162-165.

[4] O. Riznyk, Y. Kynash, O. Povshuk and Y. Noga, "The Method of Encoding Information in the Images Using Numerical Line Bundles," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2018, pp.80-83.

UDC 004.056: 004.9

**THE COMPREHENSIVE IOT SECURITY STRATEGY USING
HARDWARE AND SOFTWARE ENCRYPTION METHODS**

Ph.D. I. Rozlomii^[0000-0001-5065-9004], **Ph.D. A. Yarmilko**^[0000-0003-2062-2694],
S. Naumenko^[0000-0002-6337-1605], **P. Mykhailovskyi**^[0009-0008-4324-1724]

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

EMAIL: inna-roz@ukr.net

**КОМПЛЕКСНА СТРАТЕГІЯ БЕЗПЕКИ ІОТ З
ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ МЕТОДІВ
ШИФРОВАННЯ**

Ph.D. Розломій І., Ph.D. Ярмілко А., Науменко С., Михайловський П.
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

Abstract. *The study examines how various microcontrollers use hardware and software encryption methods to protect data. The results of the study showed that hardware encryption on the STM32F407VG microcontroller provides significantly higher performance, lower energy consumption, and higher security compared to software encryption on the ESP32-WROOM-32.*

Keywords: *hardware encryptor, cryptographic libraries, STM32F407VG, ESP32-WROOM-32, data security, energy consumption, performance.*

Анотація. *У дослідженні розглядається, як різні мікроконтролери використовують апаратні та програмні методи шифрування для захисту*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

даних. Результати дослідження показали, що апаратне шифрування на мікроконтролері STM32F407VG забезпечує значно вищу продуктивність, менше споживання енергії та вищий рівень безпеки порівняно з програмним шифруванням на ESP32-WROOM-32.

***Ключові слова:** апаратний шифратор, криптографічні бібліотеки, STM32F407VG, ESP32-WROOM-32, безпека даних, енергоспоживання, продуктивність.*

Data encryption is one of the most effective methods for protecting information in IoT. It allows data to be transformed into a format that cannot be read without a special key, thus ensuring its confidentiality even if intercepted. Furthermore, encryption helps maintain data integrity and device authentication, which is particularly important in large and complex IoT systems [1]. Microcontrollers, which are the backbone of many IoT devices, use both hardware and software encryption. Hardware encryptors, integrated directly into microcontrollers, provide high performance and energy efficiency [2]. At the same time, software encryption libraries offer flexibility and ease of integration into various systems.

The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of hardware and software encryption on microcontrollers. The research aims was to determine, in the context of IoT systems, the performance, energy consumption, and security level of the two encryption approaches: hardware encryption on the STM32F407VG microcontroller and software encryption on the ESP32-WROOM-32 microcontroller using the mbed TLS cryptographic library. Performance was assessed by determining the number of encryption operations per second, which allows evaluating the real-time encryption speed. Energy consumption was measured using a precision multimeter to determine the amount of energy consumed during encryption. Security level was assessed through an analysis of the physical security of keys and resistance to various types of attacks, including brute force and side-channel attacks.

The study revealed that hardware encryption on the STM32F407VG microcontroller significantly outperforms software encryption on the ESP32-WROOM-32 in all key parameters: performance, energy consumption, and security level. Hardware encryption provides higher data processing speed due to the use of specialized hardware modules. This enables more encryption operations to be performed per unit of time, which is crucial for real-world IoT applications. Energy consumption during the

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

use of hardware encryption is significantly lower compared to software encryption. This makes hardware encryption more attractive for use in energy-constrained devices, such as battery-powered IoT devices, where conserving energy is essential. The security level of hardware encryption also proved to be higher due to the physical protection of keys in the microcontroller's specialized memory, making unauthorized access more challenging. Hardware encryption demonstrates high resilience to various types of attacks, including brute-force attacks and side-channel attacks.

Thus, encryption on microcontrollers serves not only as a means of data protection but also as a critical component for supporting functional security and stability in IoT systems. Based on the research findings, it is recommended to use microcontrollers with built-in hardware encryption engines for projects requiring high performance, low power consumption, and high security levels. Software cryptographic libraries like mbed TLS, AESLib, TinyAES, and others remain essential tools for projects where hardware encryption engines are unavailable or where flexibility in choosing encryption algorithms is needed.

References

- [1] S. Rajagopalan, S. Janakiraman, A. Rengarajan, Medical image encryption: Microcontroller and fpga perspective, in: Medical Data Security for Bioengineers, IGI Global, 2019, pp. 278-304.
- [2] D. Dinu, A. S. Krishnan, P. Schaumont, SIA: Secure intermittent architecture for off-the-shelf resource-constrained microcontrollers, in: 2019 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust, HOST, IEEE, 2019, pp. 208-217.

UDC 77.053

ENHANCING IMAGE QUALITY IN SPECIFIC OBSERVATIONS DURING TWILIGHT: INVESTIGATING THE CHALLENGES AND SOLUTIONS

Dr.Sci. M. Korobchynskyi^{1[0000-0001-8049-4730]}, **Ph.D. M. Slonov**^{2[0000-0003-3222-6664]},
Ph.D. O. Zaitsev^{3[0000-0003-2475-3800]}, **I. Kiris**^{4[0009-0008-3036-8603]},
R. Chaplinskyi^{5[0009-0007-6096-5938]}, **A. Poplavskyi**^{1[0009-0004-8718-921X]}

Military Academy named after Eugene Bereznyak, Ukraine

*EMAIL: ¹mars_kor@ukr.net, ²slonovmu@gmail.com, ³a.zaysev@gmail.com,
⁴igorkiris2806@gmail.com, ⁵Chaplinskyi_roman@ukr.net, ⁶poplav_and72@ukr.net*

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ В СПЕЦІАЛЬНИХ
СПОСТЕРЕЖЕННЯХ У СУТІНКАХ: ДОСЛІДЖЕННЯ
ПРОБЛЕМ ТА РІШЕНЬ

Dr.Sci. М. Коробчинський, Ph.D. М. Слонов М.,
Ph.D. О. Зайцев, І.Кірісь, Р. Чаплінський, А.Поплавський
Військова академія імені Євгена Березняка, Україна

Abstract. *The work considers the peculiarities of twilight observation of objects by modern optical-electronic means. Attention is drawn to methods and technologies for reducing the impact of photon noise on image quality due to spatial and temporal binning. For the case of using spatial binning, the limit of the object's illumination is justified, according to which it is appropriate to enter it. The available discreteness of spatial binning is implemented by the developed binary algorithm for reading the state of the pixels of the light-sensitive matrix. It allows you to enter a spatial binning factor corresponding to the current illumination level without interfering with the hardware infrastructure of the observation tool.*

Keywords: *observations, visual aids, dusk lighting, factors of influence, image quality, signal-noise ratio*

Анотація. *У роботі розглядаються особливості сутінкового спостереження об'єктів сучасними видовими оптико-електронними засобами. Звертається увага на методи та технології зменшення впливу фотонного шуму на якість зображення за рахунок просторового та часового бінінгу. Для випадку використання просторового бінінгу обґрунтована межа освітленості об'єкта, за якою доцільне його введення. Доступна дискретність просторового бінінга реалізується розробленим бінарним алгоритмом зчитування стану пікселів світлочутливої матриці. Він дозволяє вводити коефіцієнт просторового бінінгу, що відповідає поточному рівню освітлення, без втручання в апаратну інфраструктуру засобу спостереження.*

Ключові слова: *спостереження, візуальне сприйняття, сутінкове освітлення, фактори впливу, якість зображення, відношення сигнал-шум.*

The brightness correspondence of the observation picture and its image by visual optical-electronic means (ОЕМ) is automatically ensured by the robotic exposure-metric system. But its functionality does not allow the successful use of the OEM at certain times of the day. When observing at dusk, the image retains a similarity to the spatial distribution of the object's brightness picture, but the detail of its reproduction is not controlled and is considered constant, limited by the pixel size of the light-sensitive matrix.

A large difference in the level of illumination of the observation picture at dusk is accompanied by a rapid increase in photon noise.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

As a result, the signal-to-noise ratio is significantly reduced, which leads to a loss of image detail. Therefore, for the majority of the day in the morning and evening twilight, the OEM are used inefficiently, with an unpredictable limitation of their imaging capabilities for the detection and recognition of surveillance objects. Therefore, the extension of the twilight part of the day for the successful application of the OEM is relevant and will contribute to the performance of observation tasks with the given image quality.

The Poisson description of the photon flow with the Gaussian model for estimating the probability P of detecting a discrete signal between two adjacent pixels [1] of the photosensitive matrix made it possible to estimate the effect on the contrast K of the image of the object under E_1 illumination of the photon noise E_f . The results are given in Table 1 for different object/background contrasts.

Table 1. Dependence of image contrast on the signal/noise ratio at different levels of image noise

Signal-to-noise ratio	Dependence of image contrast on the signal/noise ratio at different levels of image noise							
	1	5	10	15	20	25	30	$\lim_{s/n \rightarrow \infty} K$
Low contrast images, background/noise =0,9 signal/nois	0,026	0,041	0,048	0,049	0,050	0,050	0,051	0,053
Medium contrast images, background/noise=0.5 signal/noise	0,14	0,26	0,29	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33
High-contrast images, background/noise=0.1 signal/noise	0,28	0,60	0,69	0,73	0,75	0,76	0,77	0,81

Analysis of the data in the Table 1 proves that the expediency of photon noise compensation arises already under the condition $E_1/E_f \leq 10$. It is implemented by controlling two hardware factors: the signal accumulation time and the area of the elementary receiver A .

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Their increase increases the statistical sample of the input signal to average its real value. This approach is called temporal and spatial binning, respectively [2]. Time binning is implemented in robotic exposure metering systems. Its use is limited by potential image shift [3].

It has been proven that spatial binning should be used at the minimum level of illumination of the Emin OEM, which is specified in the operating documentation for this OEM.

The available discreteness of spatial binning is implemented by the developed binary algorithm for reading the state of the pixels of the light-sensitive matrix.

This approach will make it possible to carry out effective types of surveillance when the level of illumination of the object of observation is 2, 4, 8 times lower than the minimum permissible level for this OEM.

References

- [1]. Chadiuk V. O. Optoelectronics: from macro to nano. Transmission, conversion and reception of optical radiation : manual. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2018. 318 p.
- [2] Korobchynsky M., Slonov M., Rudenko M., Maryliv O., Pylypchuk V. Critical Modes of Photography: Light Sensitivity and Resolution. Proceedings of the IEEE Third International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2020. Vol. 1158, 2020. P. 264-274. DOI: 10. 1007 / 978-3-030-61656-4_17.
- [3] Slonov M., Maryliv O. A method of quasi-continuous image formation in observation devices with discrete receivers. Ukrainian journal of remote sensing. Kyiv, 2021. № 8 (2). P. 4-11. ISSN 2313-2132. DOI 10.36023/ujrs.2021.8.2.192.

UDC 004.056: 004.9

DESIGN OF SYSTEM FOR AIR QUALITY DATA MONITORING AND PROCESSING

B. Molodets^{1[0000-0002-7802-389X]}, **Ph.D. T. Bulana**^{2[0000-0001-6346-3326]}
Dr.Sci. V. Hnatushenko^{3[0000-0003-3140-3788]}, **D. Boldyriev**^{4[0000-0002-8502-1446]},
Ph.D. I. Gomilko^{5[0000-0003-3256-9771]}, **D. Grabovets**^{6[0009-0004-4106-0832]}
^{1,5} *Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine*
^{2,3,4} *Dnipro University of Technology, Ukraine*
⁶ *Noosphere Engineering School, Ukraine*
EMAIL: ¹ bogdan.molodets@gmail.com, ² tatyana.bulanaya@gmail.com,
³ vvgnat@ukr.net, ⁴ boldyrov@gmail.com, ⁵ gomilko@ukr.net,
⁶ d.grabovets@gmail.com

**ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА МОНІТОРИНГУ
ЯКОСТІ ПОВІТРЯ**

**Б. Молодець¹, Ph.D. Т. Булана², Dr.Sci. В. Гнатушенко³, Д. Болдирєв⁴, Ph.
Д. І. Гомілко⁵, Д. Грабовець⁶**

^{1,5} Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

^{2,3,4} Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

⁶ Noosphere Engineering School, Україна

***Abstract.** That's article describe solution for collecting ground station data when access air quality. Developed system contain three parts: web server, web app and ground stations. It can be easily deployed in several remote servers without conflicts, which make experts confident in theirs researches.*

***Keywords** Air quality assessment, information technology, monitoring, data processing*

***Анотація.** Стаття описує рішення для збору даних з наземних станцій для оцінки якості повітря. Розроблена система складається з серверної частини, веб застосунку та станцій. Система може легко розгорнутися на декількох віддалених серверах, спрощуючи дослідження.*

***Ключові слова.** Оцінка якості повітря, інформаційна технологія, моніторинг, обробка даних*

The air quality monitoring and processing system is designed to collect data from ground stations, process it and display it in an intuitive user interface.

The following functional requirements were set for the system:

- the system must collect data from various ground-based air quality monitoring stations;
- the system must also support real-time data collection and storage in a database;
- the system will perform primary data processing;
- the system will detect anomalies in the data and generate appropriate alerts;
- the system can visualise data in the form of graphs, maps and tables.

Among the non-functional requirements are the following:

- the system must gather data from various ground-based air quality monitoring stations;
- the system will have to provide fast access to and processing of data

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

- the system is expected to have high availability;
- the system will use standardised protocols for data exchange.

The user of the system can view the data from the ground station, get a quantitative and qualitative assessment of the area, and save the data to his local machine. All these requirements are shown in Figure 1.

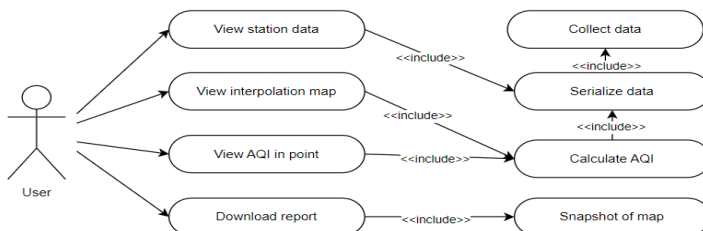


Figure 1: Use case diagram

Based on this, the system can be divided into the following parts: ground-based monitoring stations, a server that stores data from the station, a web application that displays the data to the user.

The system consists of several layers, each of which performs specific tasks and provides a certain level of data processing. The main layers include the data collection layer, the parser layer, the server layer, and the client layer. Each of these layers includes a variety of technologies and tools that together create a powerful and flexible platform for real-time air quality monitoring. Data layer collects data from various sources: custom sensors - sensors specifically designed to collect air quality data, open APIs - Interfaces for accessing data from third-party providers, government stations - Monitoring stations operated by government agencies. Parsers layer processes the collected data using Celery workers - workflows that receive data from various sources and transfer it to RabbitMQ for further processing. Server layer is responsible for processing and storing data. As a parts of that layer are used: RabbitMQ - a queuing system that processes messages from Celery workers, PostgreSQL - a relational database where the processed data is stored, Data Transformation Scripts -scripts that transform collected data into user-friendly information such as an air quality index (AQI) or visual representations. Parsers are run on a crone and queued, which is implemented using the RabbitMQ service [1]. By using the GDAL library, a Tiff file is generated, into which the AQI values from the monitoring stations are recorded and interpolated. This file represents the

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

spatial distribution of the AQI, which allows to get a visual representation of the air quality over a large area [2]. The result of the development is a system for monitoring changes in air quality over time, reflecting the received and processed data from ground sensors [3], meteorological data, satellite data in the form. Therefore, the developed system provides an integrated approach to air quality monitoring, storing data in real time, processing it and presenting it in a clear form for end users.

This helps to improve environmental awareness and make informed decisions to protect the environment and public health.

References

[1]. A. Čatović, N. Buzadija, S. Lemes, Microservice development using RabbitMQ message broker. *Science, Engineering and Technology*, 2022, 2(1), pp. 30–37. doi:10.54327/set2022/v2.i1.19.

[2]. P. Lemenkova, Okinawa Trough Geophysical and Topographic Modeling by GDAL Utilities and GRASS GIS, *Podzemni Radovi*, 38, pp. 87-100, 2021, doi: 10.5281/zenodo.5109998.

[3]. B. Molodets, V. Hnatushenko, D. Boldyriev, T. Bulana, Information System of Air Quality Assessment Using Data Interpolation from Ground Stations. *MoMLeT+DS 2023: 5th International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science*, June 3, 2023, Lviv, Ukraine. <https://ceur-ws.org/Vol-3426/paper19.pdf>.

UDC 004.77

**YGGDRASIL ROUTING SCHEME AS A BASIS FOR LARGE-
SCALE DECENTRALIZED MESH NETWORKS**

O. Pestov^{1[0009-0002-6092-3301]}, **Ph.D. H. Kyrychek**^{2[00010-0002-0405-712]},
Ph.D. M. Tiahunova^{3[0000-0002-9166-5897]}

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Ukraine

EMAIL: ¹apestov02@gmail.com, ²kirgal08@gmail.com,

³mary.tyagunova@gmail.com

**СХЕМА МАРШРУТИЗАЦІЇ YGGDRASIL ЯК ОСНОВА ДЛЯ
ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ MESH-
МЕРЕЖ**

О. Пестов, Ph.D. Г. Киричек, Ph.D. М.Тягунова

Національний університет «Запорізька політехніка», Україна

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** The aim of the work is to research how fitting the Yggdrasil routing scheme is for deploying large decentralized communication networks. The object is the experimental Yggdrasil routing scheme. The subject is the scalability of Yggdrasil regarding hop limit, CPU usage and memory footprint of the routing daemon.*

***Keywords:** routing, devices, service, network, system.*

***Анотація.** Метою роботи є дослідження того, наскільки схема маршрутизації Yggdrasil підходить для розгортання великих децентралізованих комунікаційних мереж. Об'єктом є експериментальна схема маршруту Yggdrasil. Предметом є масштабованість Yggdrasil щодо ліміту переходів, використання процесора та обсягу пам'яті демона маршрутизації.*

***Ключові слова:** маршрутизація, пристрої, сервіс, мережа, система.*

The increasing popularity of centralized software-defined networking due to its benefits in automated remote hardware configuration, monitoring, control, and utilization of “white box” hardware has led to a decrease in network reliability and disruption resilience. Another concern is the confidentiality of forwarded user data. A possible solution to these problems could lie in the use of the novel experimental Yggdrasil routing scheme [1]. Yggdrasil leverages key-based addressing with a self-arranging spanning tree, where the root node is the one with the lowest key value. Node lookups are conducted with broadcasts through on-tree links which are culled using bloom filters. User traffic is directed with greedy routing applied to destination tree coordinates at each node. Nodes can peer with each other automatically with TCP over IPv6 or with explicitly specified TCPv4/6 peering. An IPv6 TUN interface provides interaction with other software [2]. The described approach has several advantages, mainly in independent node address generation, asymmetric end-to-end encryption, source/destination verifiability, impossibility of loops, and automatic congestion management.

The main disadvantages of using Yggdrasil are the possibility of traffic not taking the shortest possible path and no consideration of link quality outside of multiple peerings to the same node.

This study is dedicated to evaluating the viability of Yggdrasil as a basis for large-scale decentralized mesh networks. Both large- and small-scale testing was conducted in meshnet-lab and coreemu-lab environments respectively. Large-scale tests were done on pre-generated random tree and

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

line topologies (50 to 750 nodes) with 100 Mbit/s links and random pinging between nodes. Packet arrival, CPU, and memory usage were monitored. Prolonged experiments were executed on the largest viable topologies. CPU usage testing involved a 50 node random tree network with iperf3-generated traffic and no bandwidth limit. The largest viable topology was additionally tested with slow links (10 Mbit/s, 10±5 ms latency).

Small-scale testing was more exploratory in nature and covered such topics as the spanning tree arrangement logic, traffic pathfinding, and node mobility tolerance. The tests were conducted using both manual and script automated node movement. Large-scale testing showed packet arrival staying at an all-time 100% for random tree topologies and eventually reaching 100% on line topologies with convergence time linear to network length. Yggdrasil significantly outperformed in hop limit other routing protocols, such as OLSR and Babel, (packet arrival dropped below 80% on a 150 node line and below 40% on a 450 node one).

Memory usage was shown to scale with the length of the network rather than the overall size of it, positively affected by the amount of links a node has. Upon reaching convergence, memory usage stops rising further. Being a root node does not seem to affect it. With nodes arranged in a line, CPU usage scales with its length and is greater the closer to the middle of the line a node is. Receiving and transmitting nodes to have the greatest and second greatest CPU usage respectively, with intermediate nodes following them. The rest of the nodes do not take part in the transmission. CPU usage measurements rise while the transmission is ongoing, and then gradually fall off due to the specifics of the ps utility implementation [3].

Slow link line network test showed 749 hop communication to be possible, however, with a considerable latency of 18 to 20 seconds. This calls for delay tolerant applications to be used with such a network. Small-scale tests revealed the logic behind parent node selection and routing. Nodes do not change parents without losing their current one. Upon losing the current parent, the peer with the longest link uptime is chosen as the new one. The keys only matter in the choice of the root node, which becomes the point of reference for the rest of the network.

This logic keeps the network more stable by eventually leaving only the most stable links in the spanning tree. Upon receiving a packet every node compares its destination coordinates to its peers', sending it over whichever peering brings it closer to the destination. Incoming and outgoing traffic

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

flows may take different paths due to this behavior, thus providing more bandwidth and mitigating congestion.

However, due to only considering single link paths, traffic flow splitting is not guaranteed.

Node mobility is tolerable, not encouraged, as parent change changes the node's tree coordinates. Nodes are required to maintain their coordinates for bidirectional data exchange. Leaf node mobility only impacts connectivity with the mobile node, the rest of the network is unaffected. Root node mobility is an entirely different case.

Mobile root node causes conflicting tree coordinate changes to propagate throughout the network from nodes it comes into contact with [4]. Traffic anomalies are caused by nodes having different views on the network. This is a potential attack vector that can be mitigated with the previously mentioned low key mining. Setting up several potential roots like this for redundancy would be beneficial.

The experiments showed Yggdrasil to significantly outperform in hop limit other widely used mesh routing protocols, such as OLSR and Babel. Discovered convergence time, memory, and CPU usage trends confirmed their scaling with the depth of the network.

This makes Yggdrasil a valid and promising basis for the deployment of large-scale decentralized mesh networks of independent nodes. Several caveats were discovered, such as increased CPU usage on longer spanning tree branches and traffic anomalies introduced by a roaming root node; preemptive low key «mining» is suggested as a means of mitigation. Before planning a Yggdrasil based network, several other topics have to be researched, like preferred underlying link and physical layer technologies, required hardware, deployment on common hardware, security, user adoption, etc. A possible candidate for link-layer technology is the 802.11s standard.

References

- [1] Yggdrasil Network [Electronic resource] // Yggdrasil Network. - Mode of access: <https://yggdrasil-network.github.io/> (date of access: 23.07.2024).
- [2] iPerf - The ultimate speed test tool for TCP, UDP and SCTP. [Electronic resource]. - Mode of access: <https://iperf.fr/> (date of access: 05.04.2024).
- [3] Chroboczek J., Schinazi D. RFC 8966: Babel Routing Protocol / Juliusz Chroboczek, Schinazi David. - 2021. DOI: <https://doi.org/10.17487/RFC8966>

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[4] Rudkovskiy O. R, Kirichek G. Interaction support system of network applications / Oleksii Rudkovskiy, Galina Kirichek // CS&SE@ SW. In CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol. 2832. - P. 11-23.

UDC 621.396.4 (045)

METHOD FOR SETTING UP THE GENERALIZED INTEGRO-DIFFERENTIATING CONTROLLER FOR ROBOT AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

Dr.Sci. O. Tachinina^{1[0000-0001-7081-0576]}, **Dr.Sci. O. Lysenko**^{2[0000-0002-7276-9279]},
Ph.D. O. Guida^{3[0000-0002-2019-2615]}, **Ph.D. I. Alekseeva**^{4[0000-0002-2878-6514]},
Ph.D. V. Novikov^{5[0000-0003-4199-9968]}, **V. Kutieпов**^{6[0000-0002-1055-9698]}

^{1,6} National Aviation University, Ukraine

^{2,4,5} National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

³ V. I. Vernadsky Taurida National University, Ukraine

EMAIL: ¹(corresp.) tachinina5@gmail.com, ²lysenko.a.i.1952@gmail.com,

³guidasg@ukr.net, ⁴alexir1@ukr.net, ⁵novikov1967@ukr.net,

⁶vladcorvt@gmail.com

СПОСІБ НАЛАШТУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ІНТЕГРО-ДИФЕРЕНЦІЙНОГО КОНТРОЛЕРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТА

Dr.Sci. O. Tachinina¹, **Dr.Sci. O. Lysenko**²,
Ph.D. O. Guida³, **Ph.D. I. Alekseeva**⁴
Ph.D. V. Novikov⁵, **V. Kutieпов**⁶

^{1,6} Національний авіаційний університет, Україна

^{2,4,5} Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

³ Таврійський національний університет імені І. Вернадського, Україна
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Abstract. The article considers the generalized integro-differentiating controller (GID-controller) as an alternative to the PID-controller for use in cascaded SISO LTI systems for automatic control of mechatronic devices of mobility nodes of humanoid robots.

Keywords: automatic control system, PID-controller, integro-differentiating circuit, prejudice-delay compensators.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Анотація. У статті розглядається узагальнений інтегро-диференціальний контролер (GID-регулятор) як альтернатива ПІД-контролеру для використання в каскадних системах SISO ЛПІ для автоматичного керування мехатронними пристроями вузлів мобільності гуманоїдних роботів.

Ключові слова: система автоматичного керування, ПІД-регулятор, інтегро-диференціальна схема, компенсатори затримки.

The main requirement to humanoid robots, which are designed to work with human, is the implementation of the principle of safe interaction between human and robot. This principle is implemented thanks to an approach that can be called "smoothness + sensuality" ("S + S").

Two-cascade control systems have better indicators of control quality compared to single-cascade systems [1].

Therefore, they should be used where they do not exist yet. If two-cascade control is abandoned in those mobility nodes, where it exists, in order to reduce the number of controllers to be adjusted, the following positive properties of cascade control will be lost: external disturbances acting on the part of the control object that is covered by local feedback will directly affect the output coordinate, and won't be reduced in the internal auxiliary loop; parametric disturbances that occur in the internal circuit will significantly affect the output signal.

Currently, in mechatronic devices of mobility nodes of humanoid robots are used (almost 100%) as controllers in both cascades PID-controllers [1-5]. As known, the PID-controller forms its output signal as the sum of proportional, integral and differential signals from the error applied to its input.

As a rule, a two-stage procedure is used to set the parameters of both PID controllers, in which the smoothness (human-likeness) of movements is implemented in the automatic control system: at the first stage, the initial adjustment is performed using the Ziegler-Nichols or Cohen-Kun methods; at the second stage, the result of the initial adjustment is improved using computer simulation.

The duration and effectiveness of the second stage significantly depends on the initial adjustment. The experience of adjusting the PID - controller as a whole, shows that 90% of the time (and at the same time not always with the desired result) is spent on the second stage of adjustment [1-5].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The article is devoted to reducing the time spent on such a setting of the cascade system of automatic control of mechatronic devices in mobility nodes, which ensures the smoothness of the movements of the humanoid robot, that means that almost human-like movements are achieved.

The engineering experience of solving the problems of adjusting the structure and parameters of the controllers indicates two effective approaches: first, to ensure a successful first approximation to the acceptable structure and parameters of the controller (initial adjustment); secondly, after the first approximation, adjust the minimum number of parameters.

As an alternative to the PID-controller for usage in cascaded SISO LTI systems for automatic control of the mobility nodes of humanoid robots, it is proposed to use a controller, which is set by a generalized integro-differentiating circuit or a connection of an ideal integrator with generalized prejudice-delay compensators. This controller was called a generalized integro-differentiating controller (GID - controller).

References

- [1] S. V. Viraktamath, Rashmi N. Raikar, Humanoid Robot: A Review, International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, volume 9, no. 8, 2021, pp. 2884–2894.
- [2] Yu. Irlyk, A. Stopakevych, Analysis of the perspectives of application of artificial intelligence technologies for building autonomous industrial systems of automatic control, Automation of technological and business processes, 15(4), 2024, pp. 8-13.
- [3] O. Lysenko, O. Tachinina, O. Guida et al., Methodology of Synthesizing Digital Regulators in Precision Electric Drives for Orientation and Stabilization Target Tracking System of Mobile Robot's Directional Sensors, in: Proceedings of the 11-th International Conference "Information Control Systems & Technologies", Odesa, Ukraine, September 21–23, 2023, pp. 51-63.
- [4] A. Pon Bharathi et al, An Investigation on Humanoid Robots with Biped Locomotion and Walking, Design, Modelling and Fabrication of Advanced Robots, volume 1, no. 1, 2022, pp. 55–61.
- [5] S. Aswini et al. "Biomechanics-Inspired Control Strategies for Humanoid Robots". 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON), Gautam Buddha Nagar, India, 1–3 December 2023.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

UDC 004.6

**MODIFICATION OF CHUNKING MODEL AND METHOD FOR
ESTABLISHING TRUST BETWEEN CLIENT AND SERVER**

S. Surkov^{1[0000-0001-9224-7526]}, Ph.D. O. Martyniuk^{2[0000-0003-1461-2000]}

Odessa Polytechnic National University, Ukraine

EMAIL: ¹sergei.srkov@gmail.com, ²anmartyniuk@ukr.net

**МОДИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ЧАНКІНГУ ТА МЕТОДУ
ВСТАНОВЛЕННЯ ДОВІРИ МІЖ КЛІЄНТОМ І СЕРВЕРОМ**

С. Сурков, Ph.D. О. Мартинюк]

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

***Abstract.** This work examines modern data authentication methods for application layer protocols. The model and method for batch data authentication have been improved to authenticate clients without transmitting vulnerable information.*

***Keywords:** prevention of unauthorized access, chunking model and method, data partitioning, data authentication, hash function, Elliptic Curve Diffie-Hellman (ECDH), key exchange*

***Анотація.** В данній роботі розглядаються сучасні методи аутентифікації даних для протоколів прикладного рівня. Усовершенствовані модель і метод порціонної аутентифікації даних, забезпечуючі аутентифікацію клієнтів без передачі уязвимой інформації.*

***Ключові слова:** запобігання несанкціонованому доступу, порційна модель та метод, розділення даних, автентифікація даних, хеш-функція, Еліптична крива Диффі-Геллмана (ECDH), обмін ключами*

OAuth 1.0[1], HAWK[2], and JSON Web Tokens (JWT)[3], are among the critical tools that are utilized by both the users and developers in the endeavor to provide secure communication on the web. This is especially relevant in the web context where the privacy of the information and the prevention of the unauthorized access is paramount[4]. To extend this security and flexibility, chunking model and method were created[5].

The chunking model represents the partitioning of data into N chunks of a specified size:

$$D = \bigcup_{i=1}^N C_i$$

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

where: D - is the data that needs to be processed, which is divided into N chunks.

C_i - is the i -th chunk of data from D .

N - is the number of chunks into which the data D is divided.

The modified chunking of data authentication is defined as follows:

$$\text{secret} = DH(P_C, S_S) \text{ OR } DH(S_C, P_S)$$

$$H = \text{init}(h)$$

$$H = \left(\prod_{i=1}^N \text{update} \right) (H, C_i)$$

$$H = \text{update}(H, \text{secret})$$

$$\text{hash} = \text{final}(H)$$

where: secret - the shared secret key that is computed

DH - the Diffie-Hellman algorithm allows two parties to establish a shared secret key, even if they communicate over an insecure channel

P_C, P_S - the public key of the client and server

S_C, S_S - the private key of the client and server

H - the internal state of the hash function at various stages of data processing

init(h) - the initialization function of the hash function, which sets the initial state H

update - the function used to update the state of the hash function.

final(H) - the function that computes the final hash based on the last state H .

The modification of the chunked method involves the use of the Elliptic Curve Diffie-Hellman (ECDH) key exchange mechanism. The first step is for the client to send its public key in a request. In the server's response, it provides its public key and a shared secret is generated. The process then continues according to the chunked method.

In practice, this modification enables the client to input its own public key instead of the secret which thus avoids providing any secret data.

References

[1] Cheol-Joo, Chae Ki-Bong, and Han-Jin Cho, "A study on secure user authentication and authorization in OAuth protocol," *Springer Cluster Computing*, vol. 22(2), 2019, <https://doi.org/10.1007/s10586-017-1119-6>.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2] E. Hammer. "HAWK / HTTP Holder-Of-Key Authentication Scheme." Available Online: <https://github.com/hueniverse/hawk>.

[3] M. Jones and J. Bradley. "JSON Web Token (JWT) IETF RFC 7519." Available Online: <https://tools.ietf.org/html/rfc7519>.

[4] C. D'Apice, A. Dudin, O. Dudina, and R. Manzo, "Analysis of Queuing System with Dynamic Rating-Dependent Arrival Process and Price of Service," *Mathematics*, vol. 12, no. 7, pp. 1-10, 2024, <https://doi.org/10.3390/math12071101>.

[5] S. S. Surkov, "Model and method of chunk processing of payload for HTTP authorization protocols," *Proceedings of 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Slavske, Ukraine, pp. 317-321, 2020, <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235447>.

UDC 621.396.4 (045)

SCALABILITY SOLUTIONS FOR BLOCKCHAIN NETWORKS

D. Dvorchuk^[0009-0006-4487-0499]

Odessa I. I. Mechnikov National University, Ukraine

EMAIL: dvorchuk.d@gmail.com

РІШЕННЯ ДЛЯ МАСШТАБУВАНОСТІ ДЛЯ МЕРЕЖ БЛОКЧЕЙН

Дворчук Д.

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна

Abstract. *This work examines various scalability solutions for blockchain networks, including Layer 2 protocols, sharding, and consensus algorithm enhancements, highlighting their effectiveness and associated challenges. It concludes that while significant progress has been made, future research should focus on integrating these solutions to achieve a balanced approach that optimizes scalability, security, and decentralization.*

Keywords: *blockchain networks, scalability, Layer 2 solutions, sharding, consensus algorithms.*

Анотація. У цій роботі розглядаються різні рішення для масштабованості мереж блокчейн, включаючи протоколи рівня 2, шардування та покращення алгоритму консенсусу, аналізується їх ефективність і пов'язані з ними проблеми. У даному дослідженні зроблено висновок, що, незважаючи на значний прогрес, майбутні дослідження повинні зосередитися на поєднанні цих рішень для досягнення збалансованого підходу, який оптимізує масштабованість, безпеку та децентралізацію.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Ключові слова: блокчейн мережі, масштабованість, Layer 2 рішення, шардування, алгоритми консенсусу.

The decentralized nature of blockchain technology and its potential to revolutionize a number of industries, such as supply chain management and finance, have sparked a lot of interest.

Blockchain networks' scalability is a major barrier that limits their ability to handle large numbers of transactions and prevents wider adoption, despite its potential.

Effective scaling solutions are desperately needed, as seen by the rapid growth of decentralized apps (dApps) and the increasing use of blockchain in real-world applications.

This is especially important because blockchain technology's full potential cannot be realized without improved scalability.

The objective of this work is to research the current state of scaling solutions for blockchain networks today, evaluating their effectiveness, drawbacks, and prospects for development.

The work seeks to offer a comprehensive review of various techniques, including sharding, Layer 2 solutions, and consensus algorithm upgrades, while critically assessing how they affect the security and performance of blockchain systems.

One of the biggest issues facing blockchain technology is still scalability, especially for public blockchains that need to process large volumes of transactions while maintaining decentralization and security. Three primary strategies for addressing scalability are researched in this work: Sharding, Layer 2 solutions, and improvements in consensus algorithms.

Optimistic rollups and the Lightning Network are two popular Layer 2 solutions that are used to lighten the strain on the main blockchain and increase transaction throughput.

These methods work by building extra layers that manage transactions apart from the main blockchain, recording only the results of the transactions on the main ledger.

These techniques are successful in easing network congestion and lowering transaction costs, according to research by Han Song [1], but they also come with possible security threats and implementation challenges.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The process of sharding, which splits the blockchain into smaller, more manageable chunks called shards, makes it possible to execute transactions in parallel, greatly increasing the scalability of the network.

Sharding can greatly boost throughput, according to studies by Xinmeng Liu and Haomeng Xie [2], but there are drawbacks as well, mainly with regard to cross-shard communication and preserving network security.

Another method for increasing scalability is to improve consensus algorithms, particularly the transition from Proof of Work (PoW) to Proof of Stake (PoS) and other alternative processes. For example, PoS has been applied in a number of networks to reduce energy consumption and expedite transactions.

These algorithms, as mentioned by Surajit Mandal [3], provide a more environmentally friendly and scalable substitute for proof-of-work (PoW); nevertheless, they might also bring up new difficulties, like the possibility of validator centralization and problems with economic security.

In conclusion, even though scalability solutions for blockchain networks have advanced significantly, each approach has a unique set of trade-offs. Future studies should focus on combining these methods in a way that balances decentralization, security, and scalability – possibly using hybrid models that include the best features of each strategy.

References

- [1]. Han Song, Zhongche Qu, Yihao Wei Advancing Blockchain Scalability: An Introduction to Layer 1 and Layer 2 Solutions. arXiv:2406.13855v1 [cs.CR] 19 Jun 2024. 1-6 p. DOI: 10.48550/arXiv.2406.13855
- [2]. Xinmeng Liu, Haomeng Xie, Zheng Yan, Xueqin Liang. A survey on blockchain sharding. ISA Transactions, Volume 141, October 2023, Pages 30-43. DOI: 10.1016/j.isatra.2023.06.029
- [3]. Surajit Mandal. Blockchain Technology and its effect on Environment: A Comparative Study between Proof-Of-Work and Proof-Of-Stake. International Journal of Rural Development, Environment and Health Research(IJREH), Vol-7, Issue-2, March - April 2023, Pages 1-6, DOI: 10.22161/ijreh.7.2.1

SECTION 2. INTELLIGENT SYSTEMS AND DATA ANALYSIS

UDC 004.896

**MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF HYBRID
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK STRUCTURAL
SYNTHESIS USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS**

Ph.D. I.Boryndo^[0000-0001-5375-6272] ¹, **Dr.Sci. V.Sineglazov**^[0000-0002-3297-9060] ²,

Dr.Sci. M. Zgurovsky^[0000-0001-5896-7466] ³

¹ National Aviation University, Ukraine,

² National Aviation University, Ukraine,

³ National Technical University of Ukraine, Ukraine

EMAIL: ibo.mistle@gmail.com¹, svm@nau.edu.ua², zgurovsm@hotmail.com³

**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРНОГО
СИНТЕЗУ ГІБРИДНОЇ ЗВЕРТКОВОЇ НЕЙРОМЕРЕЖІ З
ВИКОРИСТАННЯМ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ**

Ph.D. І. Бориндо¹, **Dr.Sci. В. Сінеглазов**², **Dr.Sci. М. Згуровський**³

¹ Національний авіаційний університет, Україна,

² Національний авіаційний університет, Україна,

³ Національний технічний університет України, Україна

***Abstract.** In this paper, we consider modern multi-criteria optimization algorithms and genetic algorithms for structural parametric synthesis of convolutional neural networks. The optimization criteria, the fitness function and other parameters of the genetic algorithm based on them are considered.*

***Keywords:** evolutionary algorithm, structural parametric synthesis, convolutional neural networks.*

***Анотація.** У цій роботі розглядаються сучасні алгоритми багатокритеріальної оптимізації та генетичні алгоритми для структурно-параметричного синтезу звороткових нейронних мереж. Розглянуто на сформовано критерії оптимізації, на їх основі фітнес функцію та інші параметри генетичного алгоритму.*

***Ключові слова:** генетичний алгоритм, структурно-параметричний синтез, звороткової нейронні мережі.*

Nowadays, even with significant progress in computer vision and the use of advanced convolutional networks, especially visual transformers [1], many image processing challenges remain unresolved and need tailored

solutions. This is largely because of the unique characteristics of training datasets and the high computational demands of complex neural network topologies, like transformers, which face hardware constraints.

Due to low flexibility of most of CNN architecture with their configuration for specific applied tasks and performance degradation we propose to utilize multicriteria evolutionary algorithm that will use structural blocks of modern CNN architectures on the generation stage.

The primary objective of this research is to develop an evolutionary algorithm capable of synthesizing optimal hybrid CNN architectures that meet predefined optimization criteria, including accuracy, computational efficiency, robustness, and scalability. The research begins by acknowledging the current limitations in CNN architectures, particularly their high computational demands and the need for well-balanced training datasets. Despite significant progress in the field of computer vision, challenges remain in optimizing CNNs for specific tasks due to the complexity of their structures and the vast search space of possible configurations. Hybrid CNNs, which combine CNNs with other neural network architectures, have shown promise in overcoming these challenges. However, the design of optimal hybrid CNN architectures is a complex task that requires careful consideration of various factors, including the choice of structural blocks and their integration into the overall architecture.

As the base for evolutionary algorithm, we recommend to consider the application of modified evolutionary algorithms, such as the Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA-3) [2], for the structural synthesis of HCNNs. First of all, it is necessary to formulate the optimization criteria. Establishing a set of relevant performance metrics that reflect the quality and efficiency of HCNN architectures. We consider the following criteria:

- Accuracy (A): The primary measure of how well the network performs on the task, such as classification accuracy on a validation dataset.
- Computational Efficiency (E): Metrics like inference time and memory usage indicate the efficiency of the network.
- Robustness (R): The network's resilience to adversarial attacks or noisy data, often measured by accuracy under adversarial conditions or performance degradation.
- Scalability (S): The ability to maintain performance when scaled to larger datasets or more complex tasks, often evaluated by the change in accuracy and efficiency when scaling the network.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Based on these criteria it is now possible to formulate the fitness function for evolutionary algorithm as well as to define other operations such as selection, mutation, crossover.

For the definition of individual, we recommend to use following parameters: number of layers, kernel sizes, number of filters, stride and padding, activation functions, types of layers/blocks, block-related specific parameters.

We will use a mixed encoding scheme where each individual (genome) consists of a series of structural blocks and hyperparameters. Each gene in the genome represents either a layer or a block, with specific parameters encoded within it.

Selection involves identifying individuals from the current population to act as parents for the next generation. The aim is to prioritize those with higher fitness scores, increasing the likelihood that more successful CNN architectures will pass on their genetic material. Fitness evaluation entails assessing each individual's fitness using the predefined fitness function outlined beforehand.

Crossover merges the genetic material from two parent solutions to generate one or more offspring. This process results in new architectures by blending and rearranging the structural blocks and hyperparameters inherited from the parents. In our implementation, we opted for a modified multi-point crossover technique, which increases genetic diversity and facilitates a broader exploration of the solution space compared to the single-point crossover method.

Mutation introduces random changes to the genetic material of individuals to maintain diversity in the population and explore new regions of the search space.

As for experimental phase, the process applies the proposed evolutionary algorithm to the CIFAR-100 dataset, a widely used benchmark in image classification.

The initial setup involves randomly generating a population of CNN architectures, each with a selective mix of structural blocks. The evolutionary process is then used to optimize these architectures over 50 generations.

The results demonstrate significant improvements in the performance of the synthesized CNN architectures, with the maximum error percentage decreasing from 37% to 7% over the course of the experiment.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The proposed HCNN synthesis approach is validated through extensive experiments on the CIFAR-100 dataset.

The results demonstrate significant improvements in accuracy and training efficiency compared to baseline models.

The study provides a detailed analysis of the performance gains achieved through the integration of various structural blocks and optimization techniques.

The experimental findings validate the effectiveness of the evolutionary algorithm-based structural synthesis methodology, highlighting its potential for broader application in different domains and datasets.

The prospect of further research in the field of structural synthesis involves expanding the use of evolutionary algorithms with complex generational to develop flexible and performant CNN models. These models are expected to have better performance qualities.

References

[1].J. Li, Y. Wen and L. He, "SCConv: Spatial and Channel Reconstruction Convolution for Feature Redundancy," 2023 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vancouver, BC, Canada, 2023, pp. 6153-6162, doi: 10.1109/CVPR52729.2023.00596

[2].S. Jiang and S. Yang, "A Strength Pareto Evolutionary Algorithm Based on Reference Direction for Multiobjective and Many-Objective Optimization," in IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 21, no. 3, pp. 329-346, June 2017, doi: 10.1109/TEVC.2016.2592479.

УДК 004.8

ДЕТЕКТОР РУХУ НА БАЗІ ФРАГМЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Dr.Sci. С. Машталір¹[0000-0002-0917-6622], Д. Лендьел²[0000-0003-3971-1945]

¹*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,*

²*Ужгородський національний університет, Україна*

EMAIL: ¹sergii.mashtalir@nure.ua, ²dmytro.lendel@uzhnu.edu.ua

MOTION DETECTOR BASED ON FRAGMENT ANALYSIS

Dr. Sci. S. Mashtalir¹, D. Lendyel²

¹*Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine,*

²*Uzhhorod National University, Ukraine*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У цьому дослідженні ми зосередилися на формалізації опису відеокадру в контексті вирішення задачі детектування руху. Запропонований підхід заснований на поєднанні фрагментного аналізу і SVD перетворення, що дозволяє представити кадр зображення у вигляді квадратної матриці для формального опису. Було використано значення норми Ку Fan в якості дескриптору блоку зображення. Рішення про наявність змін у контексті детектування руху приймається на основі порівняння дескрипторів масиву послідовних зображень, тобто значень норми Ку Fan.*

***Ключові слова:** фрагментний аналіз, детектування руху, аналіз даних*

***Abstract..** In this study, we focused on formalizing the description of a video frame in the context of solving the problem of motion detection. The proposed approach is based on a combination of fragment analysis and SVD transformation, which allows to represent the image frame in the form of a square matrix for formal description. The Ku Fan norm value was used as the image block descriptor. The decision about the presence of changes in the context of motion detection is made based on the comparison of the descriptors of the array of consecutive images, that is, the values of the Ku Fan norm.*

***Keywords:** fragment analysis, motion detection, data analysis*

З кожним роком кількість відеоданих та їх якість зростає. Обробка великого обсягу інформації є викликом для сучасних інформаційних систем практично у всіх класах завдань. Напевно, для камер відеоспостереження найбільш актуальним залишається детектування руху [1,2]. У контексті вирішення цієї задачі можливість пропустити етап приведення матриці до квадратної або векторизацію за допомогою деякого дескриптору дозволяє зменшити обчислювальні витрати, необхідні для цього перетворення. Пропонований підхід побудований на поділі кожного кадру на прямокутні блоки, що дозволяє представити кадр зображення у вигляді квадратної матриці. Блок являє собою матрицю довільних розмірів. У дослідженні було використано сингулярне розкладання [3,4] і значення норми Ку Fan в якості дескриптору блоку зображення.

Для експериментального підтвердження результатів було використано камеру відеоспостереження НІК Vision model DS-2CDD2047G2H-LIU, формат кадру 1280x720, 25 кадрів в сек. Камера була встановлена на стоянці офісної будівлі. Обробка відбувалася покадрово в градієнтах сірого. Кожен кадр ділився на прямокутні блоки кількістю 5x5, 10x10 і 20x20. Для кожного блоку застосовувалося SVD перетворення з визначенням норми Ку Fan.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Результат обробки представлено на рисунку 1. В кожному блоці зазначено поточне значення норми, середнє значення норми і відхилення від середнього значення. Біле коло в центрі блоку означає наявність руху в цьому блоці.

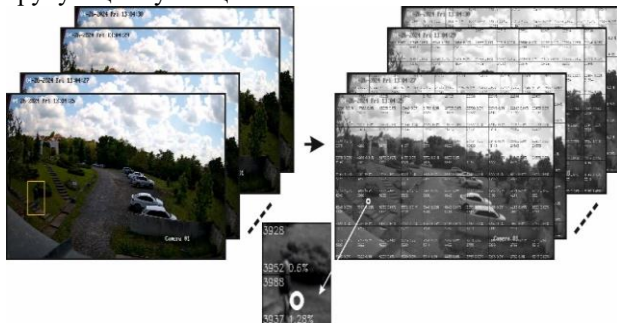


Рисунок 1 Етапи покадрової обробки з застосуванням SVD перетворення для кожного блоку

Запропонований підхід заснований на порівнянні значення норми Ку Fan із середнім значенням для останніх x кадрів. Якщо різниця перевищує порогове значення, вважаємо, що відбулася зміна сцени або у фрагменті відбувся рух [5]

$$\sigma = f(x) - y, \quad (1)$$

де $f(x)$ - середнє значення для останніх x кадрів, y – норма Ку-Fan, σ – чутливість до руху.

Було обрано блок 83 для детальної демонстрації і відмічено його жовтою рамкою (рис. 2). Далі було порівняно значення норми з середнім значенням для останніх 20 кадрів. Експериментом встановлено, що для виявлення руху об'єкту відхилення від порогового значення має бути в межах 1-3%. На кадрі номер 90 норма перевищує порогове значення, що свідчить про наявність руху. Значення норми Ку Fan для останніх 20 кадрів, показані на рисунку 3.

Таким чином існує можливість виявлення коливання норми Ку Fan у будь-якому блоці, і якщо значення перевищить порогове значення, ми можемо підтвердити рух у цьому блоці. Об'єднавши блоки, в яких змінилося значення норми, отримуємо траєкторію руху об'єкту. У результаті, наприклад, існує можливість відстеження шляху людини на стоянці (рис. 4). У зробленому експерименті людина спускається

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

сходами, перетинає стоянку і досягає автомобіля. Білими плямами позначені фрагменти зі значеннями, які перевищують заданий поріг.

Подальші дослідження буде спрямовано на класифікацію рухомих об'єктів з метою не лише детектування руху, а і відокремлення рухомих об'єктів важливих для спостерігача класів.

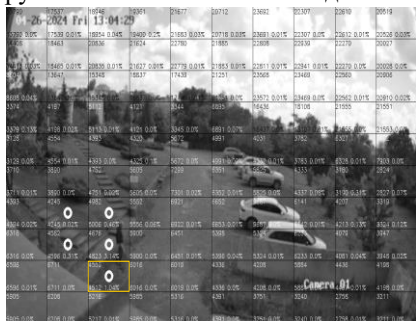


Рисунок 2 Результат виявлення руху для блоку 83

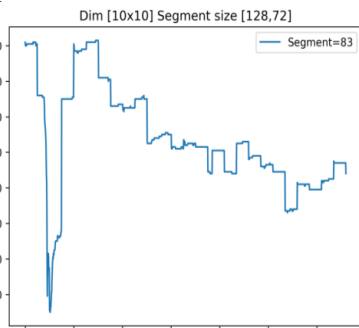


Рисунок 3 Зміна норми Ku F_{ap} для блоку 83. У значення норми Ku F_{ap} , X – номер кадру

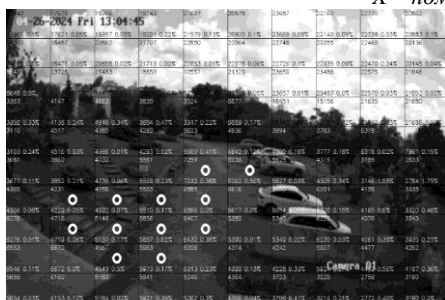


Рисунок 4. Траєкторія руху

Література

- [1]. Kanwal, Nadia. Motion Tracking in Video using the Best Feature Extraction Technique. 2009.
- [2]. Parihar, S. S., & Khaskalam, A. A review paper on the different types motion detection techniques. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science (2024). Volume:06/Issue:02. 1337-1342.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[3]. William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery (2002) Numerical recipes in C : the art of scientific computing. 2nd ed. 994p.

[4]. D. Chetverikov, A. Axt, Approximation-free running SVD and its application to motion detection, Pattern Recognit. Lett. 31.9 (2010) 891–897. doi:10.1016/j.patrec.2009.12.031.

[5]. Koliada, Myroslava. Ky fan norm application for video segmentation. *Herald of Advanced Information Technology*, 2020, 1(3): 345-351.

UDC 004.896

**THE GEOLOGICAL STRUCTURE COMPLEXITY INDEX BASED
ON REMOTE SENSING DATA: CALCULATION AND
INFORMATIVITY ASSESSMENT**

Dr.Sci. V. Hnatushenko ^[0000-0003-3140-3788]

Dr.Sci. S. Nikulin ^[0000-0003-1795-3599], **Ph.D. V. Kashtan** ^[0000-0002-0395-5895],

O. Korobko ^[0000-0002-7491-9162]

Dnipro University of Technology, Ukraine

*EMAIL: hnatushenko.v.v@nmu.one, nikulin.s.l@nmu.one, kashtan.v.yu@nmu.one,
korobko.o.v@nmu.one*

**ПОКАЗНИК СКЛАДНОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ЗА
ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ: ОБРАХУНОК ТА
ОЦІНКА ІНФОРМАТИВНОСТІ**

Dr.Sci. V. Гнатушенко, Dr.Sci. С. Нікулін,

Ph.D. В. Каштан, О. Коробко

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

Abstract. *The article proposes a methodology for calculating a new Geological Structure Complexity Index (GSCI) based on a joint analysis of contrast brightness boundaries of satellite images, raster maps of geophysical fields, and DEMs. Maps of this index are highly informative compared to the original remote sensing data and can be effectively used in machine learning procedures..*

Keywords: *Remote sensing, feature subsets, geological structure complexity, machine learning, brightness boundaries, histograms*

Анотація. *У роботі запропоновано методику розрахунку нового індексу складності геологічної будови (GSCI) на основі спільного аналізу меж контрасту яскравості супутникових знімків, растрових карт геофізичних полів і ЦМР. Карти цього індексу мають високу інформативність порівняно з*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

оригінальними даними дистанційного зондування та можуть ефективно використовуватися в процедурах машинного навчання.

Ключові слова: *дистанційне зондування, підмножини ознак, складність геологічної структури, машинне навчання, межі яскравості, гістограми.*

Remote sensing data have significant potential for Earth sciences, serving as a source of spatial information, including for machine learning operations. At the same time, it is necessary to form a set of remote sensing data that would be sufficiently complete and informative to solve a specific problem. Usually, the existing set of satellite images and other remote sensing data does not meet these conditions. In this regard, various methods for processing the original remote sensing images are used. This paper proposes a computer technology for image processing based on the study of the complexity of the landscape structure, which directly depends on the complexity of the geological structure of the territory. The technology allows calculating the GSCI index based on the identification and processing of contrast-brightness boundaries identified in the original data - satellite images, DEMs and geophysical fields. This index should help to improve the accuracy of supervised classification procedures based on multidimensional data. The construction of GSCI maps is based on the use of regular two-dimensional data, it is easy to calculate and accurately reflects the complexity of geological objects and linear disjunctive structures [1]. GSCI is taken to be equal to the total length of the contrast-brightness boundaries of the image inside a sliding window of size $p \times p$, where $p=3, 5, 7, \dots$ is some odd number of image pixels. Thus, GSCI calculation includes two stages: 1) identifying boundaries in the image and 2) calculating the total length of the boundaries (concentration) inside the sliding window.

Currently, the most popular methods for extracting contrast-brightness boundaries are various mask algorithms and, for example, the optimal Canny detector [2]. The result of the Canny detector is a binary map, where ones correspond to the presence of boundaries, and zeros correspond to their absence. Calculating the length of the boundaries inside the box comes down to simply finding the number of pixels with unit values inside sliding window. The GSCI calculated in this way reflects not only the total number of boundaries within the window, but also the complexity of their shape.

The described computer technology was experimentally tested by us on three areas with mineral deposits: on old-bearing Area 1 (about 800 km²), located within the Turan plate (Uzbekistan), Area 2 (about 17,000 km²)

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

located in the central part of the oil and gas-bearing Dnieper-Donets Basin (Ukraine), and gold-bearing Area 3 (about 600 km²) located within the Azov block of the Ukrainian crystalline shield. The initial data are represented by Landsat images, SRTM data, geophysical fields and DEMs.

For each experimental area, GSCI maps were constructed, after which their informativeness in predicting new deposits was assessed. For this purpose, we analyzed the degree of coincidence of the histograms of the distribution of the GSCI values, constructed a) for the entire area and b) for the points of interest (known deposits). To assess the degree of overlap of the histograms, the root mean square error (RMSE) was used. The less overlap there is between histograms, the easier it is to separate promising points that look like objects of interest from the rest of the area. In addition, to increase reliability, another indicator of histogram similarity was calculated – the shift of their absolute values, measured in the number of histogram bars. The RMSE values of GSCI histograms plotted for the entire map and for points of interest are given in Table 1.

Table 1. Histogram overlap indices of the histograms of the GSCI maps for areas 1-3

Slide window size, cells	RMSE	Shift in mod, intervals
Area 1	0.0442	2
Area 2	0.0258	5
Area 3	0.0534	4

But, are GSCI maps more informative than the original input data from which they were constructed? To answer this question, histograms of values of original data sets were additionally constructed. A lower RMSE value indicates that they are less informative (Table 2) compared to GSCI maps.

Table 2. Histogram coincidence indices of the values of the original data sets for area 1

Data set	RMSE	Shift in mod, intervals
Field of electric resistance	0.0212	0
Magnetic field ΔT_a	0.0226	0
Landsat image	0.0357	0

The obtained GSCI maps themselves should not be considered definitive, predictive maps. They are much more effective when applied in combination with other remotely sensed data in supervised classification procedures.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Overall, the results obtained testify to the promising approach to GSCI map calculation based on the analysis of contrast brightness boundaries of raster maps of geophysical fields, DEMs, and satellite images.

References

- [1] B.S. Busygin, S.L. Nikulin, O.V. Korobko, "Concentration of contrast borders of different-scale satellite images and their interconnection with geological objects." 16th International Conference Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects (2017). doi:10.3997/2214-4609.201701871.
- [2] M. Mohammadpour, A. Bahroudi, M. Abedi. "Automatic Lineament Extraction Method in Mineral Exploration Using CANNY Algorithm and Hough Transform." Geotectonics, Vol. 54, Issue 3, pp. 366-382. (2020) doi:10.1134/S0016852120030085.

UDC 004.896

**COMPREHENSIVE MODEL TRAINING: PARAMETER TUNING
AND CONFIDENCE SCORING IN HIERARCHICAL CLASSIFIERS**

Dr.Sci. S. Mashtalir^[0000-0002-0917-6622], **O. Nikolenko**^[0000-0002-6422-7824]

¹*Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine,*

²*Uzhhorod National University, Ukraine*

EMAIL: ¹sergii.mashtalir@nure.ua, ²oleksandr.nikolenko@uzhnu.edu.ua

**КОМПЛЕКСНЕ НАВЧАННЯ МОДЕЛІ: НАЛАШТУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ТА ОЦІНКА ДОВІРИ В ІЄРАРХІЧНИХ
КЛАСИФІКАТОРАХ**

Dr.Sci. С. Машталір¹, **О. Ніколенко**²

¹*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,*

²*Ужгородський національний університет, Україна*

Abstract. This work presents a new approach to the hierarchical classification of technical Ukrainian texts, in particular in the field of car repair and maintenance, with an emphasis on the classification of repair works and spare parts. The study proposes a comprehensive method for learning a hierarchical classification model, which includes setting parameters for each node in the tree structure and calculating a single confidence index to assess the reliability of the classification. The model is optimized through iterative parameter tuning, resulting in improved classification accuracy and reliability for both labeled and unlabeled data. The results of the study demonstrate significant improvements in the accuracy and reliability of hierarchical

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

classifiers that have practical applications in the field of automotive repair and maintenance.

Keywords: natural language processing, hierarchical classification, machine learning, parameter setting, trust assessment

***Анотація.** У цій роботі представлено новий підхід до ієрархічної класифікації технічних українських текстів, зокрема в галузі ремонту і обслуговування автомобілів, з акцентом на класифікацію ремонтних робіт та запчастин. Дослідження пропонує комплексний метод навчання ієрархічної моделі класифікації, що включає налаштування параметрів для кожного вузла в деревоподібній структурі та обчислення єдиного показника довіри для оцінки надійності класифікації. Модель оптимізується через ітеративне налаштування параметрів, що призводить до покращення точності та надійності класифікації як для розмічених, так і нерозмічених даних. Результати дослідження демонструють значні покращення в точності та надійності ієрархічних класифікаторів, що мають практичне застосування в галузі автомобільного ремонту та обслуговування.*

***Ключові слова:** обробка природної мови, ієрархічна класифікація, машинне навчання, налаштування параметрів, оцінка довіри*

Ієрархічні класифікатори стали важливими у вирішенні складних багатокласових завдань класифікації через їх розбиття на менші, більш керовані підзадачі [1]. Це дослідження розширює існуючі роботи в цій галузі, зосереджуючи увагу на двох ключових елементах: налаштуванні параметрів та оцінці довіри. Налаштування параметрів передбачає оптимізацію параметрів класифікатора для підвищення продуктивності, тоді як оцінка довіри кількісно визначає надійність передбачень класифікатора, що є критично важливим у ієрархічних класифікаційних системах, де помилки можуть накопичуватися через ієрархію. Основним завданням, що розглядається в цьому дослідженні, є класифікація робіт та запчастин для ремонту автомобілів, де точна класифікація даних є досить складною через фрагментований характер записів про ремонт, особливо за межами авторизованих сервісних центрів. Дослідження є частиною серії, присвяченої ієрархічній класифікації технічних українських текстів, з акцентом на покращення надійності та доступності даних для різних зацікавлених сторін у автомобільному секторі. У дослідженні пропонується ієрархічний алгоритм класифікації, який включає кілька ключових етапів:

1. Попередня обробка даних. Попередня обробка технічних текстів включає ідентифікацію мови, нормалізацію, переклад

українською, токенизацію, виправлення помилок та лематизацію. Цей етап детально описаний у нашій попередній роботі [2].

2. Налаштування та навчання параметрів. Класифікатор навчається шляхом ітеративного налаштування параметрів на кожному вузлі ієрархії. Параметри, такі як початкові ваги для токенів, коригуються для оптимізації точності класифікації, за окремими правилами, що застосовуються для вузлів і вхідних рядків. Ітеративний процес триває до тих пір, поки не буде визначено оптимальний набір параметрів. Паралельно будується матриця класифікації для кожного вузла дерева.

3. Класифікація. Класифікація відбувається шляхом послідовного проходження всіх вузлів дерева зверху вниз та обчислення відстані між заданим вектором та рядками матриці вузла на основі методу TF-IDF [3]. Рядок з мінімальною відстанню відповідає дочірньому вузлу дерева, в напрямку якого рухається алгоритм класифікації. Цей етап детально описаний у нашій попередній роботі [4].

4. Оцінка довіри. Дослідження пропонує підхід машинного навчання з використанням GradientBoostingClassifier від Scikit-learn [5] для обчислення єдиного показника довіри. Цей показник об'єднує декілька показників довіри з різних вузлів ієрархії, надаючи єдину метрику для оцінки надійності класифікації. Класифікатор налаштовується за допомогою оптимізації гіперпараметрів, що забезпечує його стійкість на різних наборах даних.

В якості результату слід зазначити, що застосування запропонованих методів призвело до значного підвищення точності класифікації. Як зазначено у таблиці 1, модель продемонструвала загальне збільшення точності понад 40% після навчання, з продуктивністю, що варіюється на різних наборах даних, досягаючи 96% точності для робіт і 92% для найменувань запчастин. Єдиний показник довіри надав надійну метрику для оцінки результатів класифікації, що дозволило ефективно перевіряти та оптимізувати ці результати.

Таким чином, це дослідження просуває галузь ієрархічної класифікації шляхом інтеграції налаштування параметрів та оцінки довіри у процес навчання моделі. Запропоновані методи показали практичні переваги в автомобільній галузі, підвищуючи точність і надійність класифікації ремонтних робіт та запчастин.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Таблиця 1. Результати класифікації найменувань запчастин

Тип моделі	Тип векторизації	Точність, тренінг. дані	Точність, тестові дані
Модель без ваг і без тренування	count vectors	—	0.5174
Модель з вагами і з тренуванням	tf-idf vectors	—	0.6684
Модель з вагами і з тренуванням	count vectors	0.9365	0.9184
Модель з вагами і з тренуванням	tf-idf vectors	0.9552	0.9238

Розроблена бібліотека Python підтримує задачі класифікації в реальному часі, відкриваючи можливості для більш широкого застосування в автомобільних сервісних центрах та інших сферах. У майбутньому планується розширити класифікацію на більш складні текстові корпуси, такі як транскрипція телефонних дзвінків.

Література

- [1] C. Silla, A. Freitas, A survey of hierarchical classification across different application domains, *Data Mining and Knowledge Discovery* 22(1) (2011), 31-72. doi: 10.1007/s10618-010-0175-9
- [2] S. V. Mashtalir, O. V. Nikolenko, Data preprocessing and tokenization techniques for technical Ukrainian texts, *Applied Aspects of Information Technology*, Vol. 6 No. 3 (2023), 318-326. doi: 10.15276/aa.06.2023.22
- [3] S. Vajjala, B. Majumder, A. Gupta, H. Surana, *Practical natural language processing: A comprehensive guide to building real-world NLP systems*, 1st ed., O'Reilly Media, 2020.
- [4] S. V. Mashtalir, O. V. Nikolenko, *Advancing Automotive Technical Text Analysis: A Tree-Based Classification Approach for Ukrainian Texts*, ICCSEEA2024 (2024).
- [5] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*, 3rd ed. O'Reilly Media, 2022.

UDC 004.001; 681.51

ON CONSTRUCTING A RANDOM VALUES GENERATOR OF THE INPUT MATERIAL FLOW FOR TRANSPORT CONVEYOR MODELS BASED ON NEURAL NETWORK

Dr.Sci. O. Pihnastyi^{1[0000-0002-5424-9843]}, **Ph.D. M. Sobol**^{2[0000-0002-7853-4390]}
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine
EMAIL: ¹pihnastyi@gmail.com, ²sobol.mo@gmail.com

**ПРО ПОБУДОВУ ГЕНЕРАТОРА ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН
ВХІДНОГО МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ
ТРАНСПОРТНОГО КОНВЕЄРУ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ**

Dr.Sci. О. Пігнастий, Ph.D. М. Соболь

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна*

Abstract. *This study examines a method for constructing a generator of random values of the input material flow to form a training data set for highly efficient transport conveyor models based on a neural network. A comparative analysis of the experimental, approximated and generated realizations for the input material flow of the conveyor type transport system is presented.*

Keywords: *dataset generator, belt conveyor, input material flow, stochastic material flow, normal distribution, stochastic process realization, statistical characteristic, correlation function.*

Анотація. *У даному дослідженні розглядається метод побудови генератора випадкових значень вхідного потоку матеріалу для формування навчального набору даних для високоефективних моделей транспортного конвеєра на основі нейронної мережі. Наведено порівняльний аналіз експериментальних, апроксимованих і згенерованих реалізацій для вхідного потоку матеріалу транспортної системи конвеєрного типу.*

Ключові слова: *генератор набору даних, стрічковий конвеєр, вхідний матеріальний потік, стохастичний матеріальний потік, нормальний розподіл, реалізація стохастичного процесу, статистична характеристика, кореляційна функція.*

In the mining industry, one of the main types of transport is belt conveyors [1]. Current trends in the mining industry require an increase in the transport system rated power and its length.

One of the approaches to increase the economic efficiency of the conveyor type transport system is to develop models and systems for controlling the flow parameters of conveyor type transport system [2].

A further development of traditional deterministic models for describing the flow parameters of a conveyor system [3] is the development of models that assume that the input material flow is a stochastic material flow. The use of realizations of the input material flow, formed based on experimental data, makes it possible to determine the statistical characteristics of the stochastic input material flow and the law of distribution of the values of the

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

input material flow. The paper [4] presents the methods for calculating the mathematical expectation, standard deviation and correlation function of the values of the input material flow, as well as an analysis of the distribution law of the random variable.

The efficiency of any analytical model decreases with an increase in the number of sections in the transport system. The appearance of a sufficient number of works devoted to the use of a neural network for modeling a transport pipeline is explained by this circumstance. However, the lack of appropriate data sets for training a neural network is the main problem that hinders the widespread use of neural networks in this context [5].

Thus, it is necessary to form a countable number of data sets, which are characterized by a certain correlation function and the distribution law, and which correspond with experimental data. This goal can be achieved by constructing a respective generator. So, the main goal of this work is to find a way to construct a generator of input material flow values based on experimental implementations to generate a training data set for transport conveyor models based on a neural network.

To solve the goal a class of transport systems was defined for which experimental realization of the input material flow allow approximations in the form of fixed intervals with random values of the input material flow. The choice of coordinate functions for the canonical expansion allowed the approximation of the experimental realization by fixed intervals of a given length. In practice, minute intervals for the input material flow were considered to describe the input material flow. The approximation of the material flow was presented in the form of averaging of the material flow values at each fixed interval.

The statistical characteristics of the approximated realization of the input material flow were used to construct a generator of random values of the input material flow. To ensure a given law of distribution of a random variable that determines the value of the input material flow, the inverse function method was used.

As the next step of the study, the comparative analysis of the correlation functions for the experimental, approximated and generated implementations of the input material flow was performed.

A comparative analysis of the statistical characteristics of the input material flow represented by the experimental, approximated and generated realizations is given in Table 1.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Table 2. Characteristics of the realization of the input material flow

Parameter	Experimental realization	Approximated realization	Generated realization
mathematical expectation	3.1729453	3.1729453	2.9460778
Standard deviation	1.0	0.9254287	0.8862863
Maximum value	4.4515155	4.4010264	4.3697888
Minimum value	0.0	0.0076316	0.5580695

The analysis of the correlation functions, mathematical expectation and standard deviation of experimental, approximated and generated input material flow indicates satisfactory accuracy of the process of generating values of the input material flow.

The length of the time interval of the experimental realization has a significant impact on the statistical characteristics of the generated realization of the input material flow. With a small amount of partitioning into fixed intervals, the statistical characteristics of the experimental realization may have a significant deviation from their actual values, which leads to a low quality of the generated data set.

This allows to formulate the prospects for further research, which is the development of methods for estimating the minimum acceptable length of the time interval for experimental measurements, as well as the analysis of the dependences of the quality of the random value generator on the number of experimental realizations.

References

- [1] Pihnastyi O. Hydrodynamic Model of Transport System / O. Pihnastyi, V. Khodusov. // East European Journal of Physics. – 2020. – №1. – P. 121–136. <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2020-1-11>
- [2] O. Pihnastyi, V. Khodusov, A. Kotova, Mathematical model of a long-distance conveyor. Mining Science 30 (2023) 27-43. <https://doi.org/10.37190/msc233002>
- [3] O. Pihnastyi, and O. Ivanovska, “Improving the Prediction Quality for a Multi-Section Transport Conveyor Model Based on a Neural Network” International Conference Information Technology and Interactions (2021). https://ceur-ws.org/Vol-3132/Paper_3.pdf
- [4] O. Pihnastyi, and M. Sobol, Analysis of the input material flow of the transport conveyor. Naukovi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu 5 (2023), 156-164. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/156>
- [5] O. Pihnastyi and V. Khodusov, "Neural model of conveyor type transport system." Computer Modeling and Intelligent Systems (2020), 1-15. <https://ceur-ws.org/Vol-2608/paper60.pdf>

УДК (043)004.94:004.8

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ УРАЗЛИВОСТІ АЗС ЩОДО
ОСНОВНИХ ТИПІВ АВАРІЙ

Dr.Sci. О. Арсірій¹ [0000-0001-8130-9613], Ph.D. О. Іванов² [0000-0002-8620-974X],
Ph.D. С. Смик³ [0000-0001-7020-1826], В. Олійник⁴ [0009-0000-5527-7750],
К. Бєляєв⁵ [0009-0001-7135-3562]

^{1,2,3,4,5} Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: e.arsiriy@gmail.com¹, lesha.ivanoff@gmail.com², smyk@op.edu.ua³,
vadimol081@gmail.com⁴, kirillbelyaev2921@gmail.com⁵

INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGY FOR MULTI-
CRITERIA VULNERABILITY ASSESSMENT OF GAS STATIONS
TO THE MAIN TYPES OF ACCIDENTS

Dr.Sci. О. Arsirii, Ph.D. О. Ivanov, Ph.D. S. Smyk, V. Oliinyk, K. Bieljaiev
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Анотація. Інтелектуальну інформаційну технологію (ІТ) оцінки вразливості АЗС реалізовано у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР). Запропонована ІТ складається із 10 послідовних етапів. Особа, що приймає рішення на основі введених даних за критеріями уразливості певної АЗС отримує попереднє значення уразливості АЗС та пояснення щодо її отримання. Складовою частиною СППР є сформована база знань щодо попередньо оцінених АЗС з можливістю її редагування та розширення.

Ключові слова: багатокритеріальний аналіз прийняття рішень, метод аналізу ієрархій, автозаправна станція, аварії, інтелектуальна інформаційна технологія, система підтримки прийняття рішень, нечітка логіка.

Abstract. Intelligent information technology (IT) for gas station (GS) vulnerability assessment is implemented in the form of a decision support system (DSS). The proposed IT consists of 10 consecutive stages. The decision-maker, based on the entered data according to the vulnerability criteria of a certain GS, will receive a preliminary value of the vulnerability of the GS and an explanation of how it was obtained. A component of the DSS is a formed knowledge base on pre-evaluated GSs with the possibility of editing and expanding it.

Keywords: Multi-criteria decision-making analysis, analytic hierarchy process, gas station, accidents, intelligent information technology, decision support system, fuzzy logic.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

На другому етапі спільного українсько-британського наукового проекту співпраці між Національним університетом «Одеська політехніка» та університетом міста Портсмут (Велика Британія) [1] після обґрунтованого зменшення первинного простору критеріїв було запропоновано розробити інформаційну технологію (ІТ), що дозволить на основі зібраних даних по мережі АЗС у певному населеному пункті за всіма критеріями проводити первинну оцінку вразливості АЗС, надаючи рекомендації щодо оціненої АЗС із застосуванням методів нечіткої логіки.

Інтелектуальна ІТ, яка дозволить визначати вразливість АЗС щодо основних типів аварій, складається із 10 послідовних етапів. В дужках до кожного етапу вказані особи, які виконують відповідний етап: 1) визначення основних типів аварій [2] (експерт); 2) розробка первинного простору економічних, екологічних та соціальних критеріїв для оцінки вразливості АЗС до основних типів аварій [2] (експерт, data scientist); 3) отримання вектору ваг критеріїв на основі методу аналізу ієрархії (MAI) [2] (data scientist); 4) розробка вторинного простору критеріїв для оцінки вразливості АЗС (data scientist); 5) отримання оцінок значень критеріїв вторинного простору для кожної АЗС на базі публічних даних (експерт, data scientist); 6) попередня обробка та кодування отриманих публічних даних у вторинному просторі (data scientist); 7) отримання вектору ваг критеріїв на основі MAI у вторинному просторі (data scientist); 8) удосконалення загальної моделі оцінки вразливості АЗС із врахуванням кроків 1-7 (data scientist); 9) визначення та інтерпретація оцінки вразливості АЗС із використанням нечіткої логіки (data scientist); 10) побудова бази знань оцінки вразливості АЗС (data scientist).

На основі вище зазначених етапів на рис. 1 зображено розроблену інтелектуальну ІТ оцінювання вразливості АЗС щодо основних типів аварій у вигляді СППР. На основі результатів оцінок вразливості АЗС, побудуємо графік розподілу параметрів оцінок в залежності від їх розташування на рис. 2.

В якості параметра x виступає нормалізоване значення широти, на якій розташована АЗС, а в якості параметра y – нормалізоване значення довготи. АЗС розташовані на графіку в залежності від координат та мають колір в залежності від значення оцінки вразливості, де 0,2, або темно-синій колір – найбільш.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

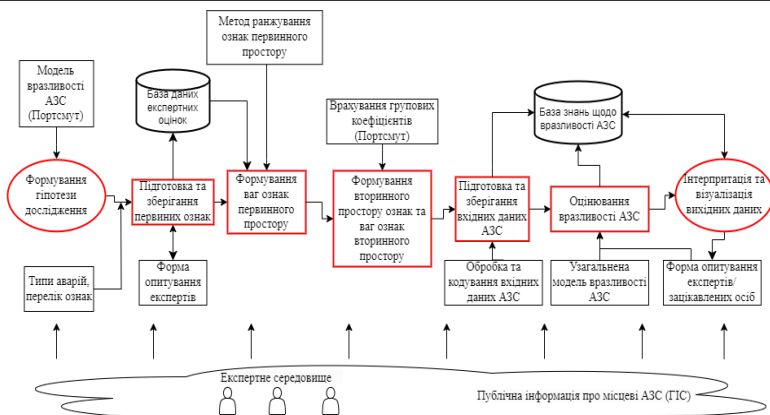


Рисунок 1 – Інтелектуальна ІТ оцінювання вразливості АЗС щодо основних типів аварій у вигляді СППР безпечний, а коричневий – найбільш небезпечний

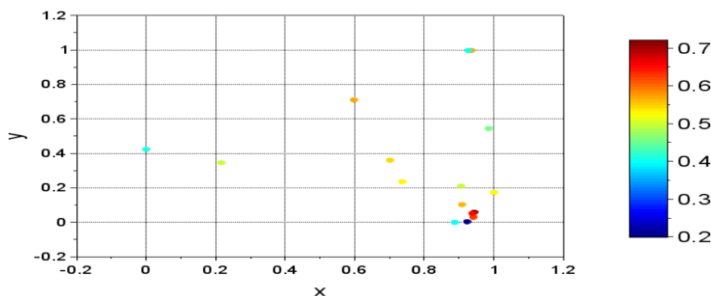


Рисунок 2 – Графік оцінок вразливості АЗС згідно з просторовими координатами

Розроблена інтелектуальна ІТ може слугувати основою для попереднього розгляду існуючих АЗС та попередньої оцінки їх уразливості до основних типів аварій, що може слугувати підставою для прийняття рішень про розширену оцінку та обмеження їх діяльності чи закриття АЗС.

Література

[1] Multiple Criteria Fuzzy Logic Based Methodology for risk mapping of gas filling stations and consequent decision optimization. Odesa Polytechnic, 2023. URL: <https://op.edu.ua/en/international/projects/uk-ukraine-twinning-initiative-14> (дата звернення 28.07.2024).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

[2] A. Labib, D. Jones, O. Arsirii, S. Smyk, O. Ivanov. Analysis of Petrol Station Vulnerability Factors Regarding Accidents Using Analytic Hierarchy Process and Ranking. *Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference “Information Control Systems & Technologies” (ICST-2023)*. Odessa, Ukraine, September 21-23, 2023, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), online. Vol-3513. P. 330-341. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3513/> (дата звернення 28.07.2024).

UDC 004.001; 681.51

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ УМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В
ЗАДАЧІ ШТОРМУВАННЯ СУДНА**

Dr.Sci. С. Зінченко¹[0000-0001-5012-5029], Ph.D. В.Матейчук²[0000-0001-9328-0651]

Херсонська державна морська академія, Україна

EMAIL: srz56@ukr.net¹, mateichykv@gmail.com²

**APPLICATION OF THE METHOD OF CONDITIONAL
OPTIMIZATION IN THE PROBLEM OF STORMING THE SHIP**

Dr.Sci. S. Zinchenko, Ph.D. V. Mateychuk

Kherson State Maritime Academy, Ukraine

Анотація. Розроблено метод автоматичного оптимального штурмування судна, який дозволяє уникати виникнення і розвитку гармонійного та параметричного резонансу, втрати остійності на попутному хвилюванні, брочингу, ударів групових хвиль у корму, що можуть привести до перевертання судна. Працездатність та ефективність методу перевірена математичним моделюванням у середовищі MATLAB.

Ключові слова: штурмове плавання, навігаційна безпека, людський чинник, інтелектуальні транспортні системи, автоматичний модуль в автоматизованій системі.

Abstract. A method of automatic optimal storming of the ship has been developed, which allows to avoid the occurrence and development of harmonic and parametric resonance, loss of stability in accompanying waves, broaching, impacts of group waves in the stern, which can lead to capsizing of the ship. The workability and efficiency of the method was verified by mathematical modeling in the MATLAB environment.

Keywords: storm sailing, navigation safety, human factor, intelligent transport systems, automatic module in an automated system.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Штормове плавання — один із найскладніших етапів проводки судна. Рядом вчених та Міжнародною морською організацією розроблено рекомендації щодо безпечного плавання [1]. На сьогодні впроваджені автоматизовані системи штормового плавання HULLMOS, OCTOPUS-DSS, IMDSS, VOSS, SENSFIB та інші. Недоліком цих та інших автоматизованих систем є людський чинник. На думку авторів даного дослідження, найбільш радикальним підходом зменшення впливу людського чинника є використання автоматичних модулів керування у автоматизованих системах. У цьому випадку оператор лише приймає рішення про використання такого модуля та спостерігає за його роботою. У роботах авторів описані модулі автоматичного розходження [2], оптимального швартування [3, 4], оптимального маневрування [5] та ін. Прикладом впровадженого автоматичного модуля в автоматизованій системі є авторульовий. Тому, розробка методів автоматичного штормування є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є розробка методу автоматичного оптимального штормування, який дозволить зменшити вплив людського чинника на процеси штормування, зменшити виснаження екіпажу, зменшити ризики втрати судна і вантажу, підвищити безпеку судноплавства в цілому.

Об'єктом дослідження є методи та моделі автоматичного оптимального штормування.

Безпечні та оптимальні параметри руху судна у шторм можуть бути знайдені у бортовому обчислювачі автоматизованої системи шляхом вирішення задачі умовної оптимізації, яка полягає у знаходженні екстремального значення цільової функції,

$$F(V^*, q^*, \lambda, T_C) = \min_{V, q} F(V, q, \lambda, T_C), \quad (1)$$

за наявності обмежень

$$\begin{cases} f_1(V, q, \lambda, T_C) \leq 0 \\ f_2(V, q, \lambda, T_C) \leq 0 \\ \dots \\ f_n(V, q, \lambda, T_C) \leq 0, \end{cases} \quad (2)$$

У якості цільової функції може бути функція

$$F = (\varphi^* - \varphi_{SET})^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

або функція

$$F = (V^* - V_{SET})^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

або зважена функція від наведених вище, або інша корисна функція.

Обмеження (2) визначають діапазон допустимих швидкостей судна, області параметричного та гармонійного резонансу, область втрати остійності на попутному хвилюванні, область брочингу та ударів групових хвиль у корму, що можуть привести до перевертання судна. Розширенням системи (2) можна також враховувати області неприпустимих навантажень на корпус судна, області навігаційних небезпек, тощо. Для знаходження оптимальних значень швидкості V^* і курсу φ^* , які оптимізують цільову функцію (1), із врахуванням обмежень (2), може бути застосована процедура типу

$$f \min \text{ con}(@ \text{fun}, \mathbf{x0}, \mathbf{A}, \mathbf{b}, \mathbf{Aeq}, \mathbf{beq}, \mathbf{lb}, \mathbf{ub}, @ \text{nonlcon}) \quad (5)$$

На рис.1 наведені результати математичного моделювання процесів уникнення гармонійного (рис.1а) та параметричного (рис.1б) резонансів.

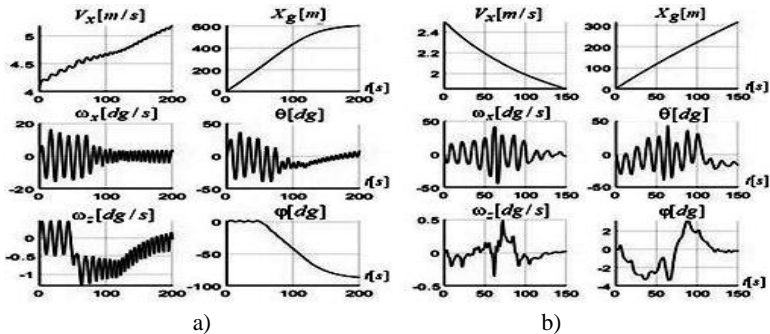


Рисунок 1. Автоматичне уникнення гармонійного а) та параметричного б) резонансу

Розроблено метод автоматичного оптимального штурмування. Отримані результати пояснюються використанням бортового обчислювача та знаходженням на кожному кроці обчислювача безпечних і оптимальних параметрів руху судна. Практична цінність отриманих результатів полягає в перевірці працездатності та ефективності методу математичним моделюванням в середовищі MATLAB, а також можливістю застосування методу в автоматичних

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

модулях штормування, що дозволить автоматизувати процеси штормування, зменшити вплив людського фактору, зменшити виснаженість екіпажу, знизити ризики втрати судна та вантажу та загалом підвищити безпеку судноплавства.

Література

[1]. Capt. Takuzo Okada, Marine Weather Ship Handling in Rough Seas, Japan P&I Club. P&I Loss Prevention Bulletin 45, 108 p., 2019.

[2]. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Шалаева А. А. Расчет и реализация маневра расхождения с судами целями в бортовой ЦВМ // Матеріали IV МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві освіта, наука, практика», Херсон, 14-16 вересня 2017 р., с.230-235.

[3]. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Грошева О. А. Синтез оптимального управления судном с граничными условиями // Науковий вісник ХДМА №1(18), 2018. <http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/view/502/440>

[4]. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г. Использование нейросетевой модели судна для решения задач управления // Науковий вісник ХДМА №2 (17), с. 231-237, 2017. <http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/view/587/524>

[5]. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Шалаева А. А. Оценка маневренных возможностей судна с помощью нейросетевой модели, синтезируемой в процессе его штатной эксплуатации // Матеріали IV МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві: освіта, наука, практика», Херсон, 14-16 вересня 2017 р., с.236-240.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ATTENTION MODEL BORROWED FROM LIVING BEINGS AS
ONE OF ENGINE OF FEELING AI BLUEPRINT**

Dr.Sci. A. Kargin^{1[0000-0003-2885-9071]}, **Ph.D. T. Petrenko**^{2[0000-0001-6305-7918]}

*Ukrainian State University of Railway Transport
EMAIL: kargin@kart.edu.ua¹, petrenko_tg@kart.edu.ua²*

**МОДЕЛЬ УВАГИ, ЗАПОЗИЧЕНА У ЖИВИХ ІСТОТ ЯК ОДИН З
ДВИГУНА ПОЧУТТЯ AI BLUEPRINT**

Dr.Sci. A.Каргін, Ph.D. Т.Петренко

Український державний університет залізничного транспорту

***Abstract.** Feeling AI (FAI) as a kind of Hybrid AI aimed to fill niche of service provided by robots is discussed. Using Hybrid AI based on symbolic inference and machine learning techniques combined with "Emotional Shell" and pre-trained set of different skills is problematic due to limited computer facilities supporting robotic*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

operating autonomously in real physical world. This article proposes, in contrast to symbolic approach, set up FAI on the cognitive response-making model borrowed from living being. Based on findings of neurobiology and cognitive science about behavior of hydra, bee, and creature with higher nervous organization, the attention mechanism model supporting response-making is shown.

Keywords: *feeling artificial intelligence, model borrowed from living being, cognitive model, perception, emotion, attention, robotic.*

Анотація. *Обговорюється Штучний Інтелект що Відчуває (ШІВ) як різновид гібридного ШІ, покликаного заповнити нішу послуг, що надаються роботами. Використання гібридного ШІ, заснованого на методах символічного висновку та машинного навчання в поєднанні з «емоційною оболонкою» та попередньо навченим набором різних навичок, є проблематичним через обмежені комп'ютерні можливості, які підтримують автономного робота в реальному фізичному світі. У доповіді пропонується, на відміну від згаданого підходу, побудувати FAI на моделі вироблення реакції, запозиченій у живої істоти. На основі результатів нейробіології та когнітивної науки про поведінку гідри, бджоли та істоти з вищою нервовою організацією запропоновано модель механізму уваги, що поряд із емоцією та драйвом підтримує формування реакції.*

Ключові слова *штучний інтелект що відчуває, модель що запозичена у живої істоти, когнітивна модель, сприйняття, емоція, увага, робот.*

In [1] proposed classification of AI: Mechanical, Thinking and Feeling. Intelligent Machine (IM) that autonomously execute simple tasks in an orderly environment has Mechanical AI. Thinking AI, in contrast to last, possesses the ability to learn and adapt from data, making it suitable for complex and well-defined tasks. There are two subtypes of Thinking AI: Analytical AI and Intuitive AI. To Analytical AI belongs the personal assistants such as OpenAI's ChatGPT-4, Microsoft's Copilot, Google DeepMind's Gemini, Apple's Siri, Amazon's Alexa, and Samsung's Bixby. They focus on exploring customer diversity and delivering personalized services to customers. Intuitive AI can generate adaptive personalized systems [3]. This kind of AI represents now by Generative AI (GenAI), for example, OpenAI' ChatGTP [2]. In papers, discussed "Feeling AI", for example [1, 3], actually is regarded Empathetic Intelligence, the AI able to recognize and understand others' emotions, respond appropriately emotionally. In fact, it is an "Emotional Shell" of IM well-suited for automating services performed by IM in both virtual Internet world and real physical world when machine is robot.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Nova day robots as universal machines including all kinds of autonomous unmanned machines [4] are designed to provide various types of services under AI assistance. To do such services robots have to be trained and ultimately should be created general robotic brain capable to assembling data, resources, and code pertaining to the skills that robots have already been taught [5]. GenAI claims major role in supporting service given by robots, too. Besides the emotional collaboration with human, the GenAI is going to do reasoning. For this, the robot inference system uses symbolic knowledge about semantic relationships between objects in an image, basic common sense, and other. Such AI with symbolic decision-making engine, pre-trained set of different skills in physical world supported by foundation model and "Emotional Shell" is one type of Hybrid AI. Usage this approach to design FAI for autonomous IM is limited due to its symbolic decision-making model and LLM [6]. Along with this, neuroscientific studying the animals relies on another approach to provide insight into basic psychological mechanisms about shaping behavior and reveal the role of cognitive functions in these processes [7]. To set up FAI on model of cognitive decision-making mechanism is in demand for two reasons. Firstly, functions under certain conditions in autonomous mode without supporting Internet is required from nova day robots [8]. Secondly, there are lot small applications of robot implemented on not powerful computer facilities which can't carry out the soft used LLM or symbolic engine with common sense knowledge bases. Both issues may be overcome by approach aimed to design Hybrid AI for robots based on the models borrowed from lowest hierarchical levels of cognitive architecture of living being. In [7], hypothetical neuronal architecture of the mammalian brain where cognitive processes divided over different layers is proposed. Architecture is used by neuroscientists to explain the goal-directed behavior of animals as a product created by cognitive processes. It has distinguishable dividing into three layers: reactive, adaptive, and contextual.

The reactive layer as independent of upper ones plays both roles: supports the basic functionality and generates signals that drive, modulate and engage the higher control layers. Reactive layer blueprint of FAI was proposed in [6, 9]. Main principles of blueprint organization have been borrowed from living being with simplest nervous net (hydra) which behavior sufficiently well studied and published by scientists in neurobiology [10, 11]. Basic function of reactive layer blueprint, or rather,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

response making is provided by cognitive processes such as drive, emotions, attention and perceptions.

This paper presents glance on neuroscience findings about hydra's behavior and what can be borrowed.

Three models of attention borrowed from living beings belonging to three levels of development: hydra with simplest nervous net, bee with more complex nervous system, and mammalian with develop mechanism processing data from sensors different modality are discussed. The experiments with robot equipped with FAI' reactive layer when robot makes decision using sophisticated attention mechanism are describes.

References

[1] J. Reis, Y. Cohen, N. Melao, J. Costa, and D. Jorge, High-Tech Defense Industries: Developing Autonomous Intelligent Systems, *Appl. Sci.*, 11(11) 4920 (2021). doi: 10.3390/app11114920.

[2] McKinsey Global Survey, The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year, 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-AIs-breakout-year>.

[3] M. Czerwinski, J. Hernandez, D. McDuff, Building an AI That Feels: AI systems with emotional intelligence could learn faster and be more helpful, *IEEE Spectrum* 58 (5) (2021) 32-38. doi: 10.1109/MSPEC.2021.9423818.

[4] E. Guizzo, Types of Robots. Categories frequently used to classify robots, 2023. URL: <https://robotsguide.com/learn/types-of-robots>.

[5] S. Levine, K. Hausman, The global project to make a general robotic brain, *IEEE Spectrum*, 2024. URL: <https://spectrum.ieee.org/global-robotic-brain>.

[6] A. Kargin, T. Petrenko, Knowledge Distillation for Autonomous Intelligent Unmanned System, in: W. Pedrycz, S.-M. Chen (Eds.), *Advancements in Knowledge Distillation: Towards New Horizons of Intelligent Systems*, Studies in Computational Intelligence, 1100, Springer International Publishing, 2023, pp. 193-231.

[7] P. Verschure, C. Pennartz, G. Pezzulo, The why, what, where, when and how of goal-directed choice: neuronal and computational principles, *Phil. Trans. R. Soc.*, 369 (1655) (2014). doi: 10.1098/rstb.2013.0483.

[8] J. Chena, J. Sun, and G. Wang, From Unmanned Systems to Autonomous Intelligent Systems, *Engineering*, 12 (5), (2022), 16-19. doi: 10.1016/j.eng.2021.10.007.

[9] A. Kargin, T. Petrenko, Feeling Artificial Intelligence for AI-Enabled Autonomous Systems, in: *Conference Proceedings of 2022 IEEE Global Conference on Artificial Intelligence and Internet of Things (GCAIoT)*, Alamein New City, Egypt, 2022, pp. 88-93. doi:10.1109/GCAIoT57150.2022.10019235.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

[10] J.R. Szymanski, R. Yuste, Mapping the Whole-Body Muscle Activity of *Hydra vulgaris*, *Current Biology*, 29 (11) (2019)1807–1817. doi: 10.1016/j.cub.2019.05.012.

[11] C. Dupre, R. Yuste, Non-overlapping Neural Networks in *Hydra vulgaris*, *Current Biology*, 27 (2017) 1085–1097. doi: 10.1016/j.cub.2017.02.049.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIAGNOSIS AND TREATMENT
OF DIABETIC NEOVASCULAR GLAUCOMA**

Dr.Sci. V. Vychuzhanin^{1[0000-0002-6302-1832]}, Ph.D. O. Guzun^{2[0009-0003-6873-8503]}

¹*Odessa Polytechnic National University, Ukraine*

²*ISI “The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Ukraine*

EMALE: ¹*icst_nuop@ukr.net*, ²*olga.v.guzun@gmail.com*

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ДІАГНОСТИЦІ ТА ЛІКУВАННІ
ДІАБЕТИЧНОЇ НЕОВАСКУЛЯРНОЇ ГЛАУКОМИ**

Dr.Sci. В. Вичужанін¹, Ph.D. О. Гузун²

¹*Національний університет «Одеська політехніка», Україна*

²*ІДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. Філатова НАМН України», Україна*

Abstract. *This work is focused on key aspects of the diagnosis, prognosis and treatment of neovascular glaucoma of diabetic origin based on machine learning approaches and, in particular, various architectures artificial neural models. An analysis of the relevance, priority provisions and advantages of using machine learning methods is carried out, the existing approaches used in modern literature in the context of the topic under study are considered, the specifics of their integration into the process of diagnostic analysis of the feature space of an aggregated and labeled by the authors data set on patients with visual problems are described, in particular, those suffering from neovascular glaucoma of diabetic origin. A correlation analysis of input features was carried out, 3 different models of artificial neural networks were built, trained and tested, metrics for assessing the accuracy of their work were experimentally calculated and studied, and statistical indicators were determined, including errors and losses, characterizing their generalizing ability. Analysis of the results obtained from the studies made it possible to identify the prevailing input features and evaluate their impact on the target output variable and the overall significance in the feature space of the data set, as well as to*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

establish the most suitable models for data analysis in terms of their accuracy and speed. The conducted research made it possible to establish the fact of a greater degree deep learning artificial neural networks models fully connected adaptability for the analyzed data set.

Keywords: *artificial intelligence, neovascular glaucoma, diagnosis eye treatment, neural networks, data analysis, data mining, machine learning*

Анотація. *Ця робота зосереджена на ключових аспектах діагностики, прогнозу та лікування неоваскулярної глаукоми діабетичного походження на основі підходів машинного навчання та, зокрема, різних архітектур штучних нейронних моделей. Проведено аналіз актуальності, пріоритетних положень і переваг використання методів машинного навчання, розглянуто існуючі підходи, які використовуються в сучасній літературі в контексті досліджуваної теми, особливості їх інтеграції в процес діагностичного аналізу. Описано простір ознак агрегованого та позначеного авторами набору даних про пацієнтів із проблемами зору, зокрема тих, хто страждає на неоваскулярну глаукому діабетичного походження. Проведено кореляційний аналіз вхідних ознак, побудовано, навчено та протестовано 3 різні моделі штучних нейронних мереж, експериментально розраховано та досліджено метрики для оцінки точності їх роботи, визначено статистичні показники, у тому числі похибки та втрати, що характеризують їх узагальнюючу здатність. Аналіз результатів, отриманих у ході досліджень, дав змогу визначити переважачі вхідні характеристики та оцінити їхній вплив на цільову вихідну змінну та загальну значимість у просторі ознак набору даних, а також встановити найбільш прийнятні моделі для даних аналізу з точки зору їх точності та швидкості. Проведене дослідження дозволило встановити факт повної адаптованості моделей глибокого навчання штучних нейронних мереж до аналізованого набору даних.*

Ключові слова: *штучний інтелект, неоваскулярна глаукома, діагностика, лікування очей, нейронні мережі, аналіз даних, інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання*

In the medical field, there is an active use of various approaches, most often based on statistical methods and machine learning (ML) models for the analysis and evaluation of experimentally obtained results of diagnosis and various diseases treatment, including vision organs. Thus, the authors [1] adapt ML learning algorithms to solve the classification problem, achieving significant results of both high accuracy and completeness on the collected dataset of ophthalmological indicators. However, the data analyzed by the authors is often not complete and contains signs of synthesized subsamples, which complicates the procedure for assessing

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

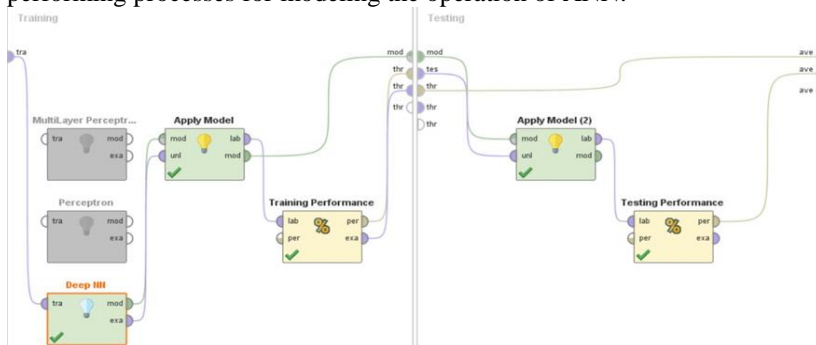
metric indicators. In [2], the authors use fully connected artificial neural networks (ANN) models, comparing their work with each other and existing methods for classifying ML data, which is appropriate to demonstrate the capabilities and performance of these models in the context of their deployment in real diagnostic software and hardware tools for data analysis and evaluation. The effectiveness of using ML was also established by the authors [3] in studies in the field of treating respiratory system evaluating methods when analyzing the significance of individual signs and diseases course intensity indicators. According to a number of authors [4, 5], the use of methods for preventive intelligence medical data analysis in the context of assessing statistical indicators and correlations between individual data sets features allows the formation of an effective consistent data basis, thus organizing the process of automatic dimensionality reduction. As follows from the works [6, 7] on the use of ML in practice, the most effective are algorithms united in committees, this allows for models balancing and error values averaging for various metrics.

Thus, analyzing the research results in the reviewed authors works [1-7], it should be noted that more often they consider the possibility of using statistical approaches, as well as ML and ANN models, primarily to solve classification and regression problems in a heterogeneous feature space. However, outside the scope of research, questions remain related to assessing the individual medical indicators diagnostic significance, identifying correlations between input signs and assessing their specific weight values in the context of considering ophthalmological disease problems in patients with diabetic neovascular glaucoma. The relevance of such studies is undoubted, due to the increasing disability of patients with this pathology throughout the world. In this regard, this work goal is to create and study different ANN models with generalization abilities and architecture for assessing the significance of features based on the collected data set on diagnostic indicators of inflammation and intraocular circulation in patients with diabetic neovascular glaucoma.

We construct a computational process for constructing and studying ANN models to assess the accuracy of their training and classification. To do this, we use the Rapidminer system and blocks for importing a data set from a *.csv file, setting a target variable, and a subsystem for dividing the sample into test and validation. In order to conduct a systemic study and determine the ANN model type influence nature used on the final classification accuracy, assessed by different metrics, it is necessary to

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

create several ANN models with different architectures. In this regard, we use 3 types of ANN models: single perceptron (SP), multilayer perceptron (MP) and deep multilayer neural network (DNN). The structure of the developed process for creating and modeling ANN operation is shown in the figure 1. All blocks are unitary commands aimed at processing data and performing processes for modeling the operation of ANN.



***Figure1:** The structure of the developed process for creating and modeling the operation of an ANN*

In general, the research pipeline is based on the following stages: importing the input data set using the Retrieve block, formatting and converting them to a unified form for subsequent training of ANN models; setting input and output features for training the model by using the Set Role block; creation of a Validation container for combining blocks for constructing ANN models for the purpose of carrying out training processes, testing and evaluating the accuracy metrics (Apply model and Performance blocks); ANN models research results export and visualization in tabular and graphical form. Training and test data are divided among themselves in the proportion of 75% to 25%, respectively. 10 computational experiments were carried out with different sets of parameters (hidden layers number, activation functions, learning rate coefficients, error rates). The average obtained metrics values for assessing model's accuracy are shown in the table below. In particular, for a single perceptron, the value of the learning rate coefficient varied from 0.05 to 0.3. For a multilayer perceptron, 2 hidden layers of 5 and 3 neurons were created, respectively. As we can see (Fig. 2), the least accurate classification results on both the training (about 84%) and training set were shown by the SP model (about

87%), which is due to its simplified architecture, the absence of hidden layers and a number of hyperparameters. affecting model’s final accuracy.

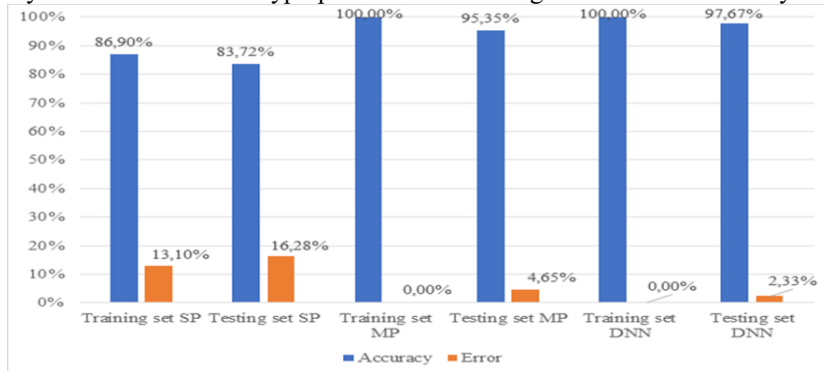


Figure 2: Visualization of the results of comparing estimates of accuracy and error metrics for the created ANN models of the first experiment

The MP and DNN models showed approximately the same results for metric evaluations on the training subset of data, however, the accuracy of DNN was 2.3% higher on the test subset, which may be due to a more complex model structure and a larger number of computational iterations.

An additional experiment was aimed at reducing the dimension of input features. A unique identifier, calculated values of SIRI quartiles, SII, HbA1c, RQ quintiles, IOP V0 were used as input features; the output feature is “success of treatment”. Research modelling was performed on the created three ANN models with the same parameters.

The results of evaluating the metrics of the obtained NN models for the second experiment are given in Fig. 3. In the third experiment, gender was excluded from the original sample. This reduces noise effects because this feature does not carry a significant semantic load in the context of data analysis.

The results of evaluation of the metrics of the obtained NN models for the third experiment are given in Fig. 4. As a result of ANN constructing significant input parameters were established that most influence the effectiveness of treatment: SIRI quartiles, SII, HbA1c and RQ quintiles. During inflammation, leukocytes accumulate in the lesion and the speed of local blood flow decreases. Impaired retinal microcirculation is observed in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) without clinically significant diabetic retinopathy [8].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**



Figure 3: Visualization of the results of comparing estimates of accuracy and error metrics for the created ANN models of the first experiment

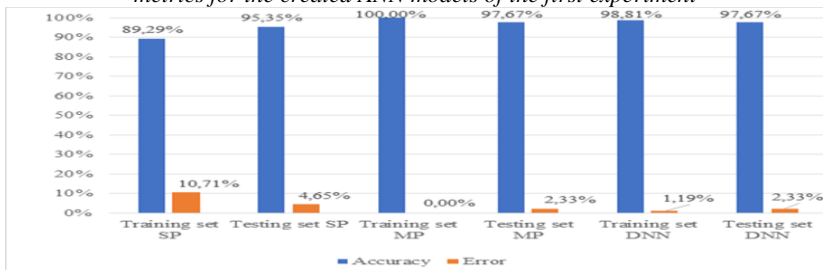


Figure 4: Visualization of the results of comparing estimates of accuracy and error metrics for the created ANN models for the second experiment

The conducted research made it possible to establish a higher adaptability of deep learning models, in particular deep fully connected ANN models, for the analyzed data set. The SP model demonstrates unstable accuracy on the training and test samples in different experiments, which may be due to shortcomings in determining the weight values of features at different iterations, as well as limitations in generalization ability. The MP model is more stable in all experiments, demonstrating high accuracy and completeness; its construction speed is 25% higher than the SP model. Presumably, the accuracy of this model can be increased through a more efficient organization model hyperparameter values automating selection process. The DNN model is the most accurate, but its training process is the most resource-intensive and takes almost 4 times longer than the SP model. A promising direction for further research is the search for optimizing the ANN training process in order to minimize training and testing errors, as well as increase the generalization ability of models in general. It has been established that the most significant diagnostic features of the collected dataset in the context of the problems under consideration

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

are the indicator of glycosylated hemoglobin HbA1c of the volumetric intraocular circulation (RQ), the systemic inflammatory response index (SIRI) and the systemic inflammation index (SII). The data obtained allow us to conclude that the use of neural networks to predict the effectiveness of treatment is justified and timely. By taking into account and stabilizing blood sugar, as well as adjusting indicators of inflammation and microcirculation in patients with diabetic neovascular glaucoma, it is possible to ensure a timely significant reduction in intraocular pressure, maintain visual acuity, and therefore the quality of life of patients.

The data obtained allow us to conclude that the use of different ANN to predict the effectiveness of transcleral cyclophotocoagulation is justified. Timely prescribed treatment of identified changes in glycolyzed hemoglobin (HbA1c), volumetric intraocular circulation (RQ), systemic inflammatory response index (SIRI) and systemic inflammation index (SII) against the background of transcleral cyclophotocoagulation can provide a significant reduction in intraocular pressure of at least 20%, maintaining visual acuity and patients life quality with painful diabetic neovascular glaucoma.

References

- [1]. S. Sheshkal, M. Gundersen, M. Riegler, Ø. Utheim, K. Gundersen, H. Hammer, Classifying Dry Eye Disease Patients from Healthy Controls Using Machine Learning and Metabolomics Data (2024).
- [2]. A. Abdullah, A. Aldhahab, H. Abboodi, Review of Eye Diseases Detection and Classification Using Deep Learning Techniques, BIO Web of Conferences, 97 (2024). DOI:10.1051/bioconf/20249700012.
- [3]. A. Selim, M. Barz, O. Bhatti, H. Alam Tusfiqu, D. Sonntag, A review of machine learning in scanpath analysis for passive gaze-based interaction, Frontiers in Artificial Intelligence, 7 (2024). DOI:10.3389/frai.2024.1391745.
- [4]. J. Van Eijgen, V. Schuhmann, E.-L. Fingerroos, M. Renier, H. Burchert, J. Kröpfl, A. Craenenbroeck, V. Cornelissen, K. Gugleta, I. Stalmans, H. Hanssen, High-intensity interval training in patients with glaucoma (HIT-GLAUCOMA): protocol for a multicenter randomized controlled exercise trial, Frontiers in Physiology, 15 (2024). DOI:1349313. 10.3389/fphys.2024.1349313.
- [5]. C.-H. Moon, Ah-Jun Lee, H.-Y. Jeon, E.-B. Kim, K.-S. Ha, Therapeutic effect of ultra-long- lasting human C-peptide delivery against hyperglycemia-induced neovascularization in diabetic retinopathy, Theranostics, 13 (2023) 2424-2438. DOI:10.7150/thno.81714.
- [6]. E. Tokuç, M. Eksi, R. Kayar, S. Demir, R. Topaktaş, Y. Bastug, M. Akyuz, M. Ozturk, Inflammation indexes and machine-learning algorithm in predicting

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

urethroplasty success, Investigative and Clinical Urology, 65 (2024) 240. DOI: 10.4111/icu.20230302.

[7]. A. Abujaber, Y. Imam, I. Albalkhi, S. Yaseen, A. Nashwan, N. Akhtar, Utilizing machine learning to facilitate the early diagnosis of posterior circulation stroke, BMC Neurology, 24 (2024) 1-12. DOI:10.1186/s12883-024-03638-8.

[8]. V. Cankurtaran, M. Inanc, K. Tekin, F. Turgut, Retinal Microcirculation in Predicting Diabetic Nephropathy in Type 2 Diabetic Patients without Retinopathy, Ophthalmologica, 243 4 (2020) 271-279. DOI: 10.1159/000504943.

UDC 681.51:004.896

**COMPARATIVE ANALYSIS OF HYBRID SWARM
OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR THE DRONE'S
INTELLIGENT CONTROL SYSTEM**

**Dr.Sci. O. Kozlov¹[0000-0003-2069-5578], Ph.D. G. Kondratenko²[0000-0002-8446-5096],
Ph.D. A. Aleksieieva³[0000-0003-0345-8538], Ph.D. M. Maksymov⁴[0000-0002-5626-5265],
Ph.D. O. Tarakhtij⁵[0000-0002-4266-3481]**

^{1,2,3}*Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine*

⁴*Naval Institute of National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine*

⁵*Odesa Polytechnic National University, Ukraine*

EMAIL: ¹kozlov_ov@ukr.net, ²halyna.kondratenko@chmnu.edu.ua,

³anna.aleksyeyeva@chmnu.edu.ua, ⁴maximov.agro@gmail.com,

⁵tarakhtij@op.edu.ua

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ
ГІБРИДНОГО РОЮ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ ДРОНОМ**

**Dr.Sci. O. Козлов¹, Ph.D. Г. Кондратенко², Ph.D. А. Алексєєва³,
Ph.D. М. Максимов⁴, Ph.D. О. Тарактій⁵**

^{1,2,3}*Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна*
⁴*Військово-морський інститут Національного університету «Одеська морська академія», Україна*

⁵*Національний університет «Одеська політехніка», Україна*

Abstract. This paper performs a comparative analysis of bioinspired swarm methods for parameter optimization in fuzzy control systems. It compares various hybrid modifications of particle swarm optimization and grey wolf optimization techniques, specifically adapted for drone's fuzzy control system optimization.

Keywords: Swarm optimization, particle swarm method, grey wolf method, fuzzy control system, unmanned aerial vehicle.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У цій роботі виконано порівняльний аналіз біоінспірованих ройових методів для оптимізації параметрів у системах нечіткого керування. Порівнюються різні гібридні модифікації методів рою частинок і сірих вовків, попередньо адаптованих для оптимізації нечіткої системи керування дроном.*

***Ключові слова:** Ройова оптимізація, метод рою частинок, метод сірих вовків, нечітка система керування, безпілотний літальний апарат.*

Over recent years, bioinspired swarm techniques have gained significant popularity for addressing real-world engineering optimization challenges. One promising application of these methods is developing and optimizing of intelligent systems, specifically fuzzy control systems (FCS) [1]. This research focuses on evaluating and comparing swarm bio-inspired techniques for parameter optimization in FCSs. In particular, it examines various hybrid adaptations of particle swarm optimization (PSO) and grey wolf optimization (GWO) methods, tailored for FCS parameter optimization, comparing them both with each other and with traditional search methods [2].

The study involves research and comparative analysis using a specific case: the parametric optimization of a Takagi-Sugeno hybrid FCS for an unmanned aerial vehicle (UAV) of a quadcopter type. The simulation results indicate that hybrid improved GWO methods generally outperform hybrid PSO methods in optimizing parameters of a particular FCS that aggregates a classical PID controller with a sliding mode controller within the UAV's FCS. Among the evaluated methods, the hybrid improved GWO method proves to be the most effective for this challenge. Its application achieves the optimal objective function value for the hybrid FCS ($J \leq 3100$) with the fewest evaluations of the objective function ($v_{J_{opt}} = 1797$).

Additionally, the hybrid FCS, by integrating the benefits of both a classical PID controller and a sliding mode controller, along with employing a highly efficient parameter optimization method, shows improved responsiveness and reduced overshoot compared to the FCS that utilizes a fuzzy PID controller. As a result, identifying the optimal vector for the hybrid system for the UAV using the hybrid improved GWO technique did not demand substantial computational or time resources ($v_{J_{min}} = 2082$). This overall confirms the high effectiveness of the proposed FCS model and developed in [2] hybrid swarm parameter optimization approach.

Further research should be carried out towards the testing the considered approaches (hybrid adaptations of PSO and GWO methods) at optimizing

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

different types FCSs (combined, hybrid, sliding mode, etc.) for other complicated moving objects, such as land, surface and underwater unmanned vehicles.

References

[1] Castillo, O., Melin, P. An Approach for Optimization of Intuitionistic and Type-2 Fuzzy Systems in Pattern Recognition Applications, in: 2019 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), New Orleans, LA, USA, 2019, pp. 1-5.

[2] Kozlov, O.V. Y.P. Kondratenko, O.S. Skakodub, Information Technology for Parametric Optimization of Fuzzy Systems Based on Hybrid Grey Wolf Algorithms, SN Computer Science Vol. 3, Iss. 6, 2022, 463.

УДК 004.89

**АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КОРОТКОСТРОКОВОГО
ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Dr.Sci. М. Корабльов^{1[0000-0002-8931-4350]}, **Д. Антонов**^{2[0009-0000-2079-3413]},
В. Полоус^{3[0009-0006-6241-6230]}

Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

EMAIL: ¹mykola.korablyov@nure.ua, ²danylo.antonov@nure.ua,

³vladyslav.polous@nure.ua

**ANALYSIS OF SHORT-TERM FORECASTING MODELS OF
ELECTRICITY CONSUMPTION**

Dr. Sci. M. Korablev, D. Antonov], V. Polous

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine

***Анотація.** Проводиться порівняльний аналіз моделей короткострокового прогнозування споживання електроенергії, зокрема, статистичних моделей та моделей глибокого навчання. Аналіз показав, що модель трансформера у порівнянні з іншими моделями являється найбільш перспективним вибором для подальших застосувань при прогнозуванні споживання електроенергії.*

***Ключові слова:** модель, прогнозування, часовий ряд, споживання електроенергії, нейронна мережа, глибоке навчання, точність.*

***Abstract.** A comparative analysis of models for short-term forecasting of electricity consumption is carried out, in particular, statistical models and deep learning models. The analysis showed that the transformer model compared to other*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

models is the most promising choice for further applications in forecasting electricity consumption.

Keywords: *model, forecasting, time series, power consumption, neural network, deep learning, accuracy.*

Розрізняють короткострокове, середньострокове та довгострокове прогнозування споживання електроенергії. В роботі розглядається короткострокове прогнозування, яке передбачає кількість енергії, що буде використана за короткий проміжок часу, від кількох годин до кількох днів наперед. Основна перевага короткострокового прогнозування полягає в тому, що воно може допомогти оптимізувати виробництво, передачу та споживання електроенергії в режимі реального часу.

При вирішенні задачі прогнозування споживання електроенергії постає питання вибору математичної моделі прогнозування, адекватність якої впливає на точність визначення планового електроспоживання. Для короткострокового прогнозування споживання електроенергії може бути застосована велика кількість методів і моделей з використанням різних технологій, таких як статистичний підхід, машинне та глибоке навчання, експертні системи.

Був проведений аналіз основних моделей прогнозування, які можуть бути використані для прогнозування споживання електроенергії. Серед статистичних моделей [1, 2] були проаналізовані наступні: авторегресійна модель (AR), модель ковзного середнього (MA), модель експоненційного згладжування та модель ковзного середнього з авторегресією та інтегруванням (ARIMA). Серед статистичних моделей найбільшого розповсюдження отримала модель ARIMA.

Вона продемонструвала ефективну здатність генерувати короткострокові прогнози і за результатами в короткостроковому прогнозуванні часто випереджає складні структурні моделі.

Для реалізації короткострокового прогнозу споживання електроенергії можуть бути використані моделі штучних нейронних мереж, до яких належать: багат шаровий перцептрон, рекурентна нейронна мережа (RNN), довготривала короткочасна пам'ять (LSTM), згорткові нейронні мережі (CNN), автоенкодера (трансформери), тощо.

Перевагою багат шарового перцептрона є його здатність обробляти нелінійні зв'язки та складні закономірності в даних. Він здатний

вловлювати тонкі та складні взаємозв'язки, які можуть бути пропущені традиційними методами прогнозування, такими як ковзне середнє та експоненційне згладжування. RNN представляє собою архітектуру, яка здатна працювати з послідовними даними [3].

Вона використовує механізм повторного входу, що дозволяє враховувати попередні стани та використовувати їх при обробці вхідних даних. Основною особливістю RNN є прихований стан, який містить деяку інформацію про послідовність. Хоча RNN повинна працювати з усією послідовністю, у неї є проблема «загасаючого градієнта». Це означає, що старіші входи не впливають на вихід. Модель LSTM вирішує проблему «загасаючого градієнта», додаючи додаткові параметри [4]. Вона використовує спеціальні блоки пам'яті, які дозволяють зберігати та оновлювати інформацію на тривалий термін

Архітектура, в якій обробка послідовності виконується одночасно без втрати інформації, реалізована в моделі трансформера [5], яка дозволяє вивчати контекст змінної з урахуванням його оточення. Найбільш важливими його обчислювальними блоками є механізми уваги, які дозволяють моделі зосередити свою увагу на певних частинах вхідних даних, що обробляються. Але трансформерам властиві також недоліки.

В них масштабований скалярний добуток механізму уваги нечутливий до локального контексту, що може зробити модель схильною до аномалій у прогнозуванні часових рядів. Трансформерам властива наявність «вузьких місць» у пам'яті, що приводить до великої складності під час обробки довгих послідовностей, а також вони мають велику часову складність, що обмежує їх застосування для довгострокового прогнозування.

Для кількісної оцінки помилок моделей прогнозування обчислювалися різні метрики точності, а саме: середньоквадратична похибка (MSE), середня абсолютна похибка (MAE), середня абсолютна відсоткова похибка (MAPE) та коефіцієнт детермінації R^2 . Для проведення порівняльного аналізу моделей прогнозування електроспоживання були обрані кращі моделі з відповідних груп: із статистичних моделей – ARIMA, із рекурентних моделей – LSTM, із моделей глибокого навчання – трансформер. Результати їх порівняльного аналізу згідно обраних показників наведені в табл.1.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Таблиця 1. Порівняння моделей прогнозування за різними метриками

Модель	MSE	MAE	MAPE	R ²
ARIMA	0,153	0,324	3,1%	0,954
LSTM	0,151	0,289	2,5%	0,965
Трансформер	0,119	0,209	1,5%	0,985

Із табл. 1 видно, що використання всіх вищевказаних моделей дозволяє отримати прогноз з необхідною точністю.

Разом з тим, при аналізі та порівнянні результатів виявлено, що модель трансформера виявилася найбільш ефективною у прогнозуванні енергоспоживання. Її високий рівень точності, відображений у низьких значеннях середньої квадратичної помилки, середньої абсолютної похибки та високому коефіцієнті детермінації, свідчить про її високу адаптованість до динаміки енергетичного споживання.

Модель трансформера видається не лише найточнішою, але й найбільш універсальною моделлю у різних умовах. Її здатність адаптуватися до змін у часових рядах і висока точність роблять її найбільш ефективною для точного прогнозування споживання електроенергії.

Література

- [1]. Mutairi, A. A. Time-series forecasting for some statistical models. *Advances and Applications in Statistics*. Vol. 78, 2022: 83-92.
- [2]. Kaur, J., Parmar, K. S., & Singh, S. Autoregressive models in environmental forecasting time series: a theoretical and application review. *Environmental Science Pollution Research*, Vol. 30, 2023: 19617-19641.
- [3]. Ugurlu, U., Oksuz, I., & Tas, O. Electricity price forecasting using recurrent neural networks. *Energies*, 2018, 11, 1255.
- [4]. Houdt, G. V., Mosquera, C., & Nápoles, G. A Review on the Long Short-Term Memory Model. *Artificial Intelligence Review*, 2020. 53(1).
- [5]. Casolaro, A., Capone, V., Iannuzzo, G., & Camastra, F. Deep Learning for Time Series Forecasting: Advances and Open Problems. *Information*, 2023, 14 (11), 598.

UDC 004.945

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-
ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ НАБЛИЖЕНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ
ГЛИБИНИ

Dr.Sci. С. Антошук ^{1[0000-0002-9346-145X]}, Dr.Sci. Г. Щербаківа ^{2[0000-0003-0475-3854]},
С. Кондратьєв ^{3[0000-0003-4975-5757]}, Д. Кошутіна ^{4[0009-0004-1326-8775]}, О. Усов ⁵,
Національний університет «Одеська політехніка», Ukraine
EMAIL: ¹asg@op.edu.ua, ²galina.sherbakova@op.edu.ua, ³kondratiev@op.edu.ua,
⁴d.v.koshutina@op.edu.ua, ⁵a.usoff@stud.op.edu.ua

OPTIMIZATION METHOD BASED ON WAVELET TRANSFORM
FOR APPROXIMATE DEPTH ESTIMATION METHODS

Dr. Sci. S. Antoshchuk, Dr.Sci. H. Shcherbakova,
S. Kondratiev, D. Koshutina, O. Usov
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Анотація. Метою роботи є розробка наближених алгоритмів оцінки глибини для тривимірного комп'ютерного зору безпілотних транспортних засобів (БТС) на базі розробленого методу оптимізації на основі вейвлет-перетворення. Метод може бути використаний для оцінки інформативних ознак для зіставлення та/або оптимізації витрат при аналізі зображень, для уточнення невідповідності та ін. Показано можливі рішення для отримання наближеної карти глибини за рахунок спрощення розрахунку значень диспаратету, який традиційно використовується для формування карти глибини у просторі інтенсивностей та з використанням опису контуру зображення з регульованою деталізацією, засновані на вейвлет-перетворенні.

Ключові слова: тривимірний комп'ютерний зір; виділення контурів; вейвлет-перетворення; оптимізація; аналіз зображень.

Abstract. This work aims to develop approximate depth estimation methods for three-dimensional computer vision in unmanned vehicles (UVs) based on a developed wavelet transformation-based optimization method. This method can assess informative features for matching and/or optimizing costs in image analysis, refining discrepancies, and more. Possible solutions are demonstrated for obtaining an approximate depth map by simplifying the calculation of disparity values, traditionally used for forming a depth map in intensity space and using edge description with adjustable detail based on wavelet transformation.

Keywords: Three-dimensional computer vision, contour detection, wavelet transform, optimization, image analysis

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Основним джерелом інформації про навколишнє середовище для розв'язання задач у різних галузях, таких як безпілотні транспортні засоби (квадрокоптери, безпілотні автомобілі) (БТЗ) є відеокамери [1]. Особливістю систем машинного зору є не тільки ідентифікація та розпізнавання об'єкта і його положення, а й врахування глибини сцени та об'єкта, тобто перетворення двовимірного зображення на тривимірне, де інформацію про об'єкт подають не просто в одиницях яскравості, а параметрами піксель/далекість. Тому пошук рішень отримання 3D-інформації про глибину розташування об'єктів на зображенні, для яких характерні невисока вартість, низьке енергоспоживання і прийнятна швидкодія, є актуальним науково-практичним завданням для таких БТЗ. Під час побудови карти глибин отримують карту висот, на якій світлішими відтінками відображають ті об'єкти, що розташовуються ближче до спостерігача, а ті, що далі, – темнішими. Існує низка рішень, які дають змогу створювати карти глибин за допомогою локального зіставлення блоків (функція StereoBM) [2-3]. У базовому методі на базі функції StereoBM обчислення карти диспаратності (величини відмінності в локалізації відповідних елементів зображень, отриманих із правої та лівої камери) виконується шляхом зіставлення пікселів на лівому та правому зображеннях для обчислення карти диспаратності. У роботі для підвищення швидкодії та зниження енергоспоживання пропонується обчислювати диспаратність для фрагмента рядка (блоку) на лівому зображенні, визначаючи, на скільки пікселів зміщене відповідне праве зображення. Ідея запропонованого підходу полягає в наступному:

- для фрагменту рядка яскравості визначається область максимуму яскравості (виділення контуру об'єкту) на зображенні однієї з камер, наприклад, лівої (1) (рисунок 1);

- сформується шаблон огинаючої яскравості: значення яскравості, відповідне координаті екстремуму рядка, і значення яскравості сусідніх пікселів та знаходиться схожий фрагмент на зображенні правої камери (2);

- знаходиться відстань між схожими елементами і відповідне йому значення диспаратету;

- обробку проводять за всіма рядками.

Такий підхід простіше того, Який використовується в відомому методі StereoBM [2, 3], в якому для подібного пошуку використовується дві обчислювально-витратні процедури, такі, як

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

мінімальна сума квадратів різниць яскравостей (Sum of Squared Differences, SSD) і мінімальний нормалізований крос-кореляційний коефіцієнт (Normalized Cross-Correlation).

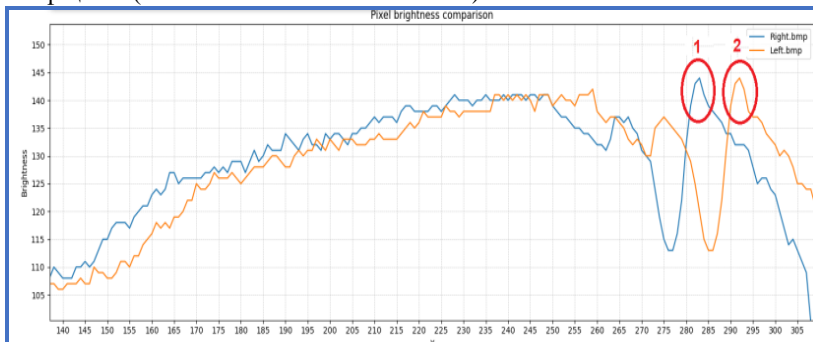


Рисунок 1. Фрагменти рядка яскравостей правого та лівого кадру

Обчислювальну складність знаходження шаблонів у запропонованому методі знижено завдяки тому, що запропоновано використовувати методику оцінювання глибини шляхом виділення контурів об'єктів із регульованою деталізацією за допомогою гіперболічного вейвлет-перетворення (ВП) [4]. Важливим етапом запропонованого підходу є також локалізація області екстремуму за допомогою вейвлет функції Хаара [5].

Для виділення контурів об'єктів (визначення області максимуму яскравості) за допомогою вейвлет-перетворення видаляється підсумовуюча складова апроксимації (по вертикалі) найменшого масштабу (a_1) дискретного вейвлет-перетворення шляхом прирівнювання її значень до нуля. Обчислення оберненого перетворення з використанням деталізуючої складової (d_1) призводить до виділення контурів (по горизонталі) на реконструйованому таким чином зображенні. Процедура виділення контурів за допомогою вейвлет-перетворення можна представити наступним чином:

$$f_0 \rightarrow a_1 \rightarrow 0$$

$$\downarrow$$
$$d_1 \rightarrow f' \rightarrow K(f')$$

де f_0 - рядок (стовпець) вихідного зображення; a_1 - підсумовуюча складова вейвлет-перетворення; d_1 - деталізуюча складова вейвлет-перетворення; f' - рядок (стовпець) зображення після оберненого перетворення; K - оператор для отримання контуру.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**



У роботі пропонується поліпшити швидкодію за рахунок вибору довжини носія ВФ Хаара. Для цього пропонується після локалізації області екстремуму в рядку звузити область пошуку шляхом визначення обмежень $g(c) \leq 0$ і на основі цього вибирати довжину носія ВФ Хаара під час оцінювання диспаритету.

Розроблений метод оптимізації апробовано при побудові карти глибин тестового зображення (табл. 1).

Довжину носія вейвлет-функції під час пошуку мінімуму за було обрано 17, крок дискретизації ВФ - 1, крок під час реалізації ітеративного пошуку з ВФ Хаара. Мінімум помилки суміщення зображень було знайдено за 3 ітерації (за старту пошуку в [1; 1]).

Крім того, результати моделювання засвідчили, що модифікація відомого методу StereoBM шляхом використання вейвлет-перетворення для знаходження екстремуму дає змогу підвищити завадостійкість і знизити похибку пошуку розташування характерного фрагмента та знизити енерговитрати більш ніж на 30 відсотків (табл. 1).

Таблиця 1. Результати моделювання

Алгоритм	StereoBM	Розроблений метод
Струм споживання, мА	950	600
Одержана карта глибин		

Перевагою розробленого методу перед наявними алгоритмами з використанням ВП є збільшення швидкодії завдяки раціональному вибору довжини носія ВФ Хаара в області пошуку екстремуму, що дало змогу рекомендувати пропонований метод для безпілотних транспортних засобів в умовах обмеженості обчислювальних та енергетичних ресурсів.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1] Karnati, Akshitha, Mehta, Devanshi, and Ks, Manu. "Artificial Intelligence in Self Driving Cars: Applications, Implications and Challenges." *Universal Journal of Business and Management* 21 (2022): 1-28. <https://doi.org/10.12725/ujbm.61.1>
- [2] Hamzah, Rostam Affendi, and Ibrahim, Haidi. "Literature Survey on Stereo Vision Disparity Map Algorithms." *J. Sensors* (2016): 8742920:1-8742920:23. DOI:10.1155/2016/8742920.
- [3] Juan Du, and James Okae. "Optimization of Stereo Vision Depth Estimation Using Edge-Based Disparity Map." In *2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, pp. 1171-1175.
- [4] Antoshchuk, S. G., Kondratyev, S. B., Shcherbakova, G. Y., and Hodovychenko, M. A. "Depth Map Generation for Mobile Navigation Systems Based on Objects Localization in Images." *Herald of Advanced Information Technology* 5.1 (2022): 11-18. <https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.1>.
- [5] Huan, W., Shcherbakova, G., Sachenko, A., Yan, L., Volkova, N., Rusyn, B., and Molga, A. "Haar Wavelet-Based Classification Method for Visual Information Processing Systems." *Applied Sciences* 13.9 (2023): 5515. <https://doi.org/10.3390/app13095515>.
- [6] Middlebury Stereo Vision Dataset. "Stereo Data Archive." Middlebury Stereo Vision Project. <https://vision.middlebury.edu/stereo/data/scenes2005/>.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ARCHITECTURE OF INTELLIGENT SYSTEM FOR
WEBSERVICES SCALING**

Dr.Sci. A. Kupin ^{1[0000-0001-7569-1721]}, **D. Zubov** ^{2[0000-0002-5601-7827]},
M. Kosei ^{3[0009-0008-3445-5675]}, **Ph.D. V. Holiver** ^{4[0000-0002-8276-5992]}

^{1,3,4}*Kryvyi Rih National University, Ukraine,*

²*University of Central Asia, Kyrgyzstan**Kryvyi Rih National University, Ukraine,*

EMAIL: ¹kupin@knu.edu.ua, ²dzubov@ieee.org, ³kosei@knu.edu.ua,

⁴holivervlad@gmail.com

**АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
МАСШТАБУВАННЯ ВЕБ-СЕРВІСІВ**

Dr.Sci. A. Купін¹, **Д.Зубов**², **М. Косей**³, **Ph.D. В. Холівер**⁴

^{1,3,4}*Криворізький національний університет, Україна,*

²*Університет Центральної Азії, Киргизстан**Криворізький національний університет, Україна,*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** The research deals with the issue of developing effective models, methods, and algorithms for scaling web services in modern information systems based on machine learning to ensure stable operation of servers when the load changes. A detailed analysis of the relevance of the problem, the task statement, and the main research directions were defined by the authors in their previous work. In particular, this article presents the necessary architectural and algorithmic solutions.*

***Keywords:** Internet of Things, Microservices Architecture, machine learning*

***Анотація.** Дослідження присвячено питанню розробки ефективних моделей, методів та алгоритмів масштабування веб-сервісів у сучасних інформаційних системах на основі машинного навчання для забезпечення стабільної роботи серверів при зміні навантаження. Детальний аналіз актуальності проблеми, постановка завдання та основні напрямки дослідження визначені авторами в попередніх роботах. Зокрема, в даній статті представлені необхідні архітектурні та алгоритмічні рішення.*

***Ключові слова:** Інтернет речей, архітектура мікросервісів, машинне навчання*

The development trends of web services at the present stage have been significantly influenced by the following events:

- emergence of cloud platforms (2010s): In the 2010s, cloud-based platforms for developing web services, such as Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, and Google Cloud Platform, were launched. These platforms provide infrastructure and tools for deploying, managing, and scaling web applications. Web analytics and performance optimization services, cloud storage, mobile applications, etc. have also appeared into these works;

- spread of microservice architecture (since the 2010s): One of the current trends in web development is the use of microservice architecture for web services. Instead of creating monolithic applications, developers break down functionality into small, independent components that can be deployed, scaled, and managed separately. This allows for greater flexibility, faster development and deployment, and easier integration with other services;

- expansion of the capabilities of artificial intelligence and the Internet of Things (since the 2010s): Recently, web services have started to use artificial intelligence to automate routine tasks, analyze data, and improve user experience. Web services are also being developed to connect to the Internet of Things (IoT), allowing physical devices to be controlled over the

network. Preliminary analysis shows that there is a lack of research in this area. This is especially true when it comes to identifying effective models, methods, techniques, and algorithmic hardware and software for reliable management of servers on the global Internet. With this in mind, the purpose of this article is to justify the choice of a rational architecture and develop algorithms for an intelligent web service scaling system based on Microservices Architecture (MSA). The paper researches the main aspects of web services development, their structure, and the impact of machine learning (ML) on this field. In particular, the paper considers web services development trends, scaling options, importance, and basic concepts of MSA architecture. The general principles of artificial intelligence, machine learning, and deep learning and their impact on the functionality of web services are also covered. This helps to understand what technological innovations are used to improve the performance of web services and how machine learning changes their capabilities. The described approach provides a general idea of the basic principles and trends of web services development and the impact of machine learning on this industry. This is an important basis for further research and implementation of innovations in the field of web services and their connection with machine learning.

Implementation of ML methods in web service autoscaling can provide significant benefits and improve the efficiency of the MSA system.

ML is especially useful for large and complex systems, as it enables the detection of patterns in data and the interaction of system components.

The proposed Performance Baseline Watchdog (PBW) and Performance Anomaly Detector (PAD) algorithms provide the following advantages:

1. Improved system reliability: These algorithms allow the system to respond to deviations in microservice performance and detect anomalies, even before they occur. This allows system operators to take action to fix problems faster and more efficiently, increasing overall system reliability.
2. Performance optimization: Rapid problem detection and automatic correction avoids loss of productivity. Timely response to abnormalities helps maintain system stability and optimal performance, which in turn improves productivity.
3. Preliminary detection of problems: PAD helps detect anomalous patterns or unusual behavior before they can cause serious problems. This allows the system to prevent failures or performance degradation, enabling operators to prepare for potential problems and prevent them from spreading.

UDC 681.3.06:62 -50:621.43

NEURAL NETWORK CONTROL WITH PREDICTION OF THE DYNAMICS OF PARAMETERS OF A COMPLEX SHIP OBJECT

Dr.Sci. V. Mykhailenko¹[0000-0003-2793-8966], V. Leshchenko²[0000-0003-0219-5174],
L. Martynovych³[0000-0001-7351-1467], Ph.D. H. Korenkova⁴[0000-0001-7207-3688]

^{1,2}National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

^{3,4}Odesa I.I. Mechnikov National University, Ukraine

EMAIL: ¹vlamihailenod@gmail.com, ²lvvlvv@ukr.net,
³larysa.yaroslavna@onu.edu.ua, ⁴korenkova@onu.edu.ua

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ КЕРУВАННЯ З ПРОГНОЗУВАННЯМ ДИНАМІКИ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНОГО СУДНЕВОГО ОБ'ЄКТУ

Dr.Sci. В. Михайленко¹, В.Лещенко², Л. Мартинович³, Ph.D. Г. Коренькова⁴

^{1,2}Національний університет «Одеська морська академія», Україна

^{3,4}Одеса І.І. Національний університет імені Мечникова, Україна

Abstract. The work analyzes the capabilities of the neurocontrol method with a predictive function. The analysis was conducted using an adaptive air control system in the liquid fuel combustion system of a ship's steam boiler as a case study. The analysis of transient processes showed alignment with expected values and the potential for successful adaptation to changes in the operating modes of steam boilers.

Keywords: Neural network, automatic control system, adaptation, ship boiler, air excess coefficient.

Анотація. У роботі проаналізовано можливості методу нейроуправління з функцією прогнозування. Аналіз виконано на прикладі адаптивної системи керування повітрям у системі спалювання рідкого палива суднового парового котла. Аналіз перехідних процесів показав відповідність очікуваним значенням та потенційну можливість успішної адаптації до зміни режимів роботи парових котлів.

Ключові слова: Нейронна мережа, автоматична система керування, адаптація, судновий котел, коефіцієнт надлишку повітря.

The methods of teaching a neural network that minimize the deviation of the current output of the object from the input influence do not always cope

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

well with the task of regulation. Firstly, if the transition process of the control system lasts longer than one cycle, the neural network (NN) can exert significant control, leading to over-regulation. Secondly, there is always a delay in neural network control systems (NNCS) due to feedback, which worsens the quality of regulation [1]. Therefore, an analysis of the forecasting neuro-modeling method is proposed, which minimizes the value of the integrated error predicted over several upcoming cycles [2].

The synthesis of the neural network control system was performed using the Neural Network Toolbox in Matlab [3]. To solve the task, an effective solution is a neural network regulator - NN Predictive Controller [3, 4]. This regulator uses a model of a non-linear controlled object, exemplified by the air flow control channel - oxygen content in the flue gases in the fuel combustion system in the firebox of a ship's steam boiler (SSB). The model is represented as a neural network to predict the future oxygen content based on the air consumption in the combustion system. Simultaneously, the air flow entering from the fan to the combustion system depends on the steam load of the SSB.

The design of the neurocontroller consists of two stages: the identification stage of the controlled object and the synthesis stage of the control law. At the identification stage, a neural network model was developed, which is used at the synthesis stage for teaching the neural network regulator. To predict the future behavior of the SSB's regulatory parameter and calculate regulation errors, a direct neuroemulator is used, trained using an error backpropagation algorithm on an example adapted for a specific SSB, a PI regulator.

The proposed method differs from the typical NN teaching method by the absence of a study neurocontroller. Instead, it uses a real-time optimization module. The process of synthesizing the neurocontroller was carried out using the NN Prediction Controller software module. The Plant Identification software utility was used to identify the control object.

Depending on the operation mode of the SSB, the proposed neural network automatic control system automatically selects the optimal value of the air excess coefficient, enhancing the SSB's efficiency by adjusting the amount of air supplied by the gas fan to achieve the required percentage of oxygen in the output gases. The intelligent automatic control system (ACS), unlike traditional ones, can communicate with operators in a language they understand (fuzzy systems), self-learn, forecast, and work with dynamic objects (neural network and hybrid ACS).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

To obtain a mathematical model of the control object (the combustion process through the channel "fuel consumption - O₂ content"), data from the ship's system for monitoring the SSB parameters located in the central control room of a modern tanker were used. The SSB operates at fuel loads ranging from 15% to 110% of nominal, depending on the steam consumers' modes, particularly ship steam turbines (SST).

For the proposed universal neural network ACS for the combustion of various types of fuel in the furnace of a ship's steam generator, the technology of using two neural networks was employed: one as a neurocontroller and the other as a neuroemulator that learns to model the control object's dynamics.

For training the NNC, a simulation was conducted with a typical PID regulator. In the simulation experiment in Matlab, the PID controller was adapted to changes in the controlled object's properties. The object of control is the fuel combustion control system of the auxiliary SSB operating in nominal mode. The model of the object in the form of the transfer function of the inertial link was obtained. The model parameter, T, changed depending on the steam load of the SSB and the influence of the internal disturbance channel - "change in fuel composition." Accordingly, the PID settings were optimized to obtain the necessary transient process. The inconsistency signals - inputs to the NNC, and the optimal control influences measured at the PID regulator output in the ACS, are used as a training sample for the NNC.

A structure with a neuroemulator was used to check the efficiency of the NNC in the SSB fuel combustion control system. The proposed neuroemulator structure was obtained using the Neural Network program. Matlab (Simulink and Neural Toolbox) was used to simulate the NN ACS optimization α depending on the steam load of steam units.

Approbation of the proposed adaptation NNCS, implementing the forecasting method during the combustion of SSB to the thermal load, was carried out.

Analysis of transient processes showed their compliance with expected values (setup time 300 sec, deviation equal to zero) when changing the operation modes of the ship's steam generators, conducted using the disturbance channel. It was also established that changing the ratio of excess air during the SSB's operation allows more efficient fuel burning in the boiler furnace, thereby increasing the efficiency of the ship's power plants.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1] Wei Wang, Han-Xiong Li, Jingtao Zhang. Intelligence-Based Hybrid Control for Power Plant Boiler // IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 10, No. 2 March 2012. – P. 10 –18
- [2] Xiangjie Liu, Felipe Lara-Rosano. Generalized Minimum Variance Control of Steam-Boiler Temperature using NeuroFuzzy Approach // Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, Hangzhou, P.R. China, June 15 – 19, 2018. – P. 134 – 148.
- [3] Xiangjie Liu, Hao Zhang. Modeling of an ultra-supercritical boiler-turbine system with stacked denoising auto-encoder and long short-term memory network // Information Sciences, Vol. 525, Juil 2020. – P. 134 – 152.
- [4] Mezhuyev, V, Mykhailenko V., Martynovych L., Korenkova H., Leshchenko V. & Stukalov S. (2023) Intellectual Improvement of the Control System for Harmful Emissions of a Ship's Utilizing Boiler. Information Control Systems & Technologies 2023, Odesa, Ukraine, 2023, September 21–23, CEUR Vol-3513- P153-162.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**THE MAIN ASPECTS OF BUILDING CYBER-PHYSICAL
SYSTEMS FOR OPTIMAL REGULATION OF REACTIVE POWER
FLOWS IN MAIN STEP-DOWN SUBSTATIONS OF MINING AND
PROCESSING PLANTS**

Dr.Sci. A. Kupin ^{1[0000-0001-7569-1721]}, **Ph.D. Y. Sherstnov** ^{2[0009-0003-3210-5552]},
Ph.D. Y. Osadchuk ^{3[0000-0001-6110-9534]}, **Ph.D. O. Savytskyi** ^{4[0000-0002-8904-1807]}

Kyryvi Rih National University, Ukraine

EMAIL: ¹kupin.andrew@gmail.com, ²yurasw1@gmail.com,

³u.osadchuk@knu.edu.ua, ⁴savytskyi@knu.edu.ua

**ОСНОВНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ
ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОТОКІВ РЕАКТИВНОЇ
ПОТУЖНОСТІ В ГОЛОВНИХ ЗНИЖУЮЧИХ ПІДСТАНЦІЯХ
ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ**

**Dr.Sci. A. Купін, Ph.D. Ю. Шерстнов, Ph.D. Ю. Осадчук,
Ph.D. О. Савицький**

Криворізький національний університет, Україна

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** Based on statistical data on reactive power consumption by the substation of the mining and processing enterprise, the key aspects of constructing cyber-physical systems for rational regulation of reactive power flows in powerful substations with synchronous motors were examined. The proposed algorithm for automatic control of compensation devices and regulation of synchronous motor excitation for reactive power compensation considers the peculiarities of monitoring and control links of reactive power flows in the developed substation graph.*

***Keywords:** cyber-physical systems for optimal regulation*

***Анотація.** На основі статистичних даних про споживання реактивної потужності підстанцією гірничо-збагачувального комбінату розглянуто ключові аспекти побудови кіберфізичних систем раціонального регулювання перетоків реактивної потужності потужних підстанцій з синхронними двигунами. Запропонований алгоритм автоматичного керування компенсаційними пристроями та регулюванням збудження синхронного двигуна для компенсації реактивної потужності враховує особливості ланок контролю та керування перетоками реактивної потужності в розробленому графі підстанції.*

***Ключові слова:** кіберфізичні системи оптимального регулювання*

Electric networks of industrial enterprises, such as in our case, substations of mining and beneficiation complexes, are complex systems with a large number of consumers characterized by rapidly changing load patterns. This feature of the operating process makes it almost impossible to predict disturbances in electricity consumption. However, the high level of development of automatic control systems for technological processes allows for the relatively inexpensive implementation of these systems in each technological cycle of the enterprises. Control of compensating devices (synchronous motors (SM) and capacitor batteries (CB)) in such cases should take into account all possible factors to minimize cases of overcompensation [1]. In this regard, it is expedient to consider substations as a unified CPS for controlling SM and CB according to a specific algorithm.

For CB, the main tasks include complete compensation of reactive power, and equally important issues are the problem of overvoltage and the reliability of operation that may arise during their switching, which is addressed through a series of measures. To create an effective control system, an important practical issue remains the need to determine the significance of certain parameters (number of SMs, their load, temperature, etc.) [2].

As a typical example, we can refer to the graph shown in Fig. 1. This graph is based on the analysis of real single-line power supply diagrams. The structure of the graph incorporates the principles of CPS, where sensors, equipment, and information systems are integrated into a single structure using internet protocols [3]. This allows us to accurately forecast, configure, and adapt the reactive power compensation system to changes.

As a result of the graph analysis, adjacency and incidence matrices were obtained, which are part of the topological analysis of the substation structure.

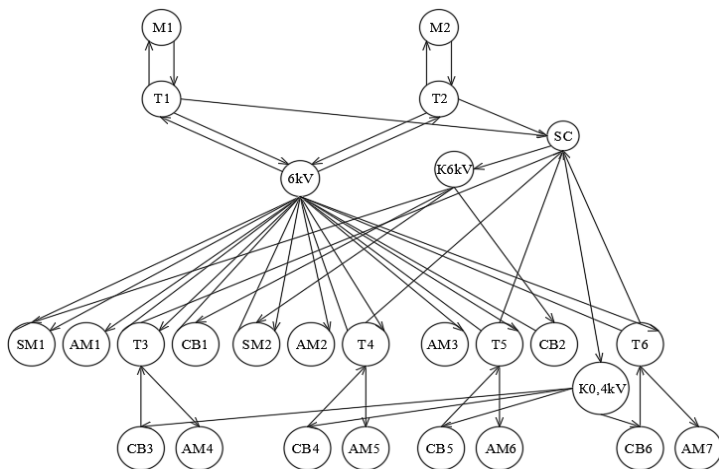
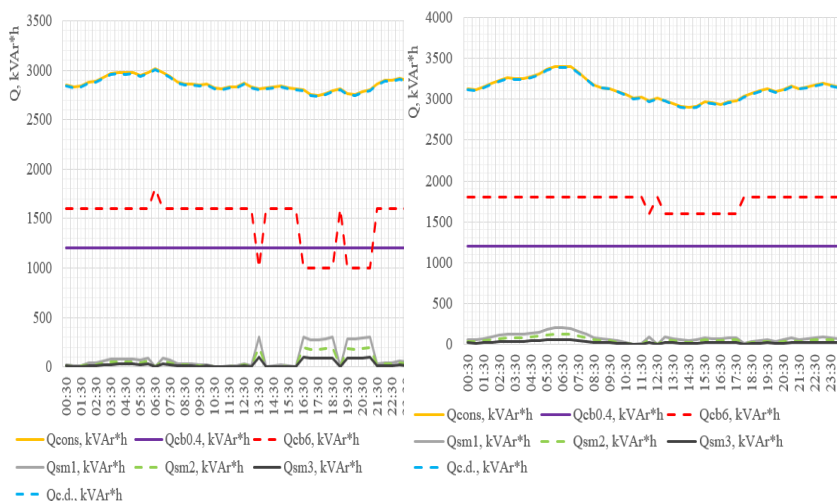


Figure 1: Reactive energy flows at substations

To evaluate the hierarchical control structure and analyze the dependencies of potential information and control flows and connections in the conditions of the industrial enterprise substation, a simplicial analysis was conducted. The results showed a high degree of potential system reliability. Taking into account the required level of reliability and the designated levels of control for compensation devices, a control algorithm can be developed. This algorithm considers the specific features of using CB and SM [4, 5]. Fig. 2 (a, b) depict the results of the reactive power compensation algorithm process using 0.4 kV and 6 kV CB and SM for the day in January and June, respectively. The Q_{cons} values in Fig. 2 – represent the actual statistical consumption of reactive power by the enterprise substation. Thus, the obtained results demonstrate the utilization of cyber-

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

physical system principles for the substations of mining and processing enterprises to control reactive power flows. Based on statistical data on reactive power consumption by the substation of the mining and processing enterprise, the key aspects of constructing cyber-physical systems for rational regulation of reactive power flows in powerful substations with synchronous motors were examined. The proposed algorithm for automatic control of compensation devices (switching of capacitor banks at 0.4kV and 6kV) and regulation of synchronous motor excitation for reactive power compensation considers the peculiarities of monitoring and control links of reactive power flows in the developed substation graph.



a)

b)

Figure 2: The result of the algorithm for a) – January; b) – June.

References

[1]. V. Verbynets, Yu. Sherstnov, S. Silchenko, A. Kupin, Yu. Osadchuk, O. Savitsky, Control algorithm of filter-compensating devices under the conditions of the presence of synchronous motors, 2023, Scientific notes of Tavria National University named by V.I. Vernadsky, Series: Technical Sciences vol. 34(73) no. 1 (2023). URL: <http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/archive>.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2]. Yu. Osadchuk, Yu. Sherstnov, The method of increasing the energy efficiency of technical systems of technological units with synchronous drives by adjusting their reactive power, 2020. Patent No. 141771, Filed November 17th., 2019, Issued April 27th., 2020.

[3]. M. Gholami, A. Gholami, M. Mohammadtaheri, Cyber-physical power system reliability assessment considering multi-state independent components, Electric Power Systems Research, vol. 217 (2023) 109141. doi:10.1016/j.epr.2023.109141.

[4]. F. Viawan, D. Karlsson, Voltage and Reactive Power Control in Systems With Synchronous Machine-Based Distributed Generation, Power Delivery, IEEE Transactions, vol. 23 (2008) 1079-1087. doi:10.1109/TPWRD.2007.915870.

[5]. R. Yohanandhan, R. M. Elavarasan, P. Manoharan, L. Mihet-Popa, Cyber-Physical Power System (CPPS): A Review on Modeling, Simulation, and Analysis with Cyber Security Applications, IEEE Access, vol.8 (2020) 151019–151064. doi:10.1109/ACCESS.2020.3016826.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТУ У
ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ ДЛЯ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

Dr.Sci. I. Ostroumov^{1[0000-0002-1318-9354]}, **Ph.D. H. Кузьменко**^{2[0000-0002-1482-601X]}

Національний авіаційний університет, Україна

EMAIL: ¹ostroumovv@ukr.net, ²nataliakuzmenko@ukr.net

**ESTIMATION OF HORIZONTAL FLIGHT EFFICIENCY FOR AIR
TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM**

Dr.Sci. I.Ostroumov, Ph.D. N.Kuzmenko

National Aviation University, Ukraine

Abstract. *A well-planned trajectory based on the management of meteorological information makes it possible to minimize the hour of watering with standard watering less than 12 minutes. Analysis of post-flight trajectory data based on the ADS-B data set can be useful to air navigation service providers to improve the efficiency of air traffic coverage.*

Keywords: *trajectory from the management of meteorological information*

Анотація. *Добре спланована траєкторія з урахування метеорологічної інформації дозволяє мінімізувати загальний час польоту зі стандартним відхиленням лише 12 хв. Аналіз траєкторних даних в післяпольотному режимі*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

на основі набору даних ADS-B може бути корисним провайдером аеронавігаційних послуг для підвищення ефективності використання повітряного простору.

Ключові слова: траєкторія з урахування метеорологічної інформації

Функціонування авіаційної транспортної системи забезпечується на умовах ефективного використання повітряного простору та обладнання та систем за для забезпечення необхідного рівня безпеки авіаперевезень. Вибір оптимальної траєкторії руху літака є одним з найпоширеніших завдань навігації [1,2]. При оцінюванні ефективності траєкторії польоту літака зазвичай розглядаються окремо горизонтальна проекція руху літака та вертикальний профіль польоту.

При плануванні польотів користувачі повітряного простору користуються спеціальним програмним забезпеченням для планування майбутнього польоту. Програмне забезпечення може використовувати різні критерії ефективності траєкторії: найкоротший шлях, мінімізація тривалості польоту, мінімальні витрати на забезпечення польоту. Провайдери аеронавігаційних послуг зазвичай використовують коефіцієнт, що відображає частину додаткової довжини траєкторії до найкоротшого шляху у якості індексу ефективності горизонтальної траєкторії руху літака (HFE). У доповіді представлені результати дослідження показників для оцінювання ефективності виконання польоту у горизонтальній площині. Зокрема вперше запропоновано використовувати комплексно для оцінювання ефективності прокладання маршрутів два показники: часини додаткової довжини траєкторії та площу, обмеженої траєкторією літака та лінією найкоротшого шляху. HFE на основі площі є корисним для автоматичного детектування рівня бічного відхилення. Результати аналізу показують, що більша площа відповідає більшим бічним відхиленням. Площа може бути обчислена одним із чисельних методів: прямокутником, трапецією або формулою Сімпсона. Як вхідні дані для розрахунку, лінія найкоротшого шляху предстаеться у дискретизованому вигляді як набір точок, які є опорними точками для перпендикуляра від лінії найкоротшого шляху до даних кожної точки траєкторії. Координати точки основи перпендикуляра обчислюються наступним чином:

$$x_i = \frac{x_A(y_B - y_A)^2 + x_i(x_B - x_A)^2 + (x_B - x_A)(y_B - y_A)(y_i - y_A)}{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}, \quad (1)$$

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

$$y_i = Y_i + \frac{(x_B - x_A)(X_i - x_A)}{y_B - y_A}$$

де індексом А позначенні координати точки початку, а В – індекс кінця.

Масив відстаней між опорними точками та висота перпендикуляра розраховується наступним чином:

$$h_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (2)$$

$$p_i = \sqrt{(X_i - x_i)^2 + (Y_i - y_i)^2 - h_i^2} \quad (3)$$

Площа оцінюється наступним чином:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} h_i (p_i + p_{i+1}) \quad (4)$$

Верифікація запропонованого підходу виконана з даними реальної траєкторії конкретного польоту, отриманими за допомогою технології автоматичного залежного спостереження у широкомовному режимі (ADS-B) [3]. Як приклад розглядається польотне сполучення AAL 292 між аеропортами Дж. Ф. Кеннеді (Нью-Йорк, США, KJFK) та Індіра Ганді (Нью-Делі, Індія, VIDP) з дуже неефективною траєкторією через закритий повітряний простір через війну в Україні.

Траєкторія польоту AAL 292 сильно варіюється у досліджуваному періоді з 16 квітня по 31 травня 2024 року, що призвело до значної зміни загальної довжини. Добре спланована траєкторія з урахування метеорологічної інформації дозволяє мінімізувати загальний час польоту в точці 12:10 зі стандартним відхиленням лише 12 хв. Аналіз траєкторних даних в післяпольотному режимі на основі набору даних ADS-B може бути корисним провайдером аеронавігаційних послуг для підвищення ефективності використання повітряного простору.

Література

[1]. I.V. Ostroumov, V.P. Kharchenko, N.S. Kuzmenko, An airspace analysis according to area navigation requirements, *Aviation* 23(2) (2019) 36–42, doi: 10.3846/aviation.2019.10302 .

[2]. I. V. Ostroumov, N. S. Kuzmenko, An Area Navigation (RNAV) System Performance Monitoring and Alerting, in *First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*, Kyiv, Ukraine, IEEE, 2018, pp. 1–4, doi: 10.1109/SAIC.2018.8516750.

[3]. OpenSky, 2024. The OpenSky Network. URL: <https://opensky-network.org>.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

UDC 004.94:61

**CARDIAC MRI SEGMENTATION METHOD BASED ON MASKS
LOCALIZATION**

V.Slobodzian ^{1[0000-0001-8897-0869]}, **Ph.D. P. Radiuk** ^{2[0000-0003-3609-112X]}
Dr.Sci. O. Barmak ^{3[0000-0003-0739-9678]}, **Dr.Sci. I. Krak** ^{4[0000-0002-8043-0785]}
^{1,2,3}*Khmelnytskyi National University, Ukraine*
⁴*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine*
⁴*Glushkov Cybernetics Institute, Ukraine*
EMAIL: ¹*vitalii.slobodzian@gmail.com*, ²*radiukp@khnmu.edu.ua*,
³*alexander.barmak@gmail.com*, ⁴*yuri.krak@gmail.com*

**МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ СЕРЦЯ З ВИКОРИСТАННЯМ
ЛОКАЛІЗОВАНИХ МАСОК**

В. Слободз'ян¹, **Ph.D. П. Радюк**², **Dr.Sci. О. Бармак**³, **Dr.Sci. Ю. Крак**⁴
^{1,2,3}*Хмельницький національний університет, Україна*
⁴*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*
⁴*Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова, Україна*

Abstract. MRI analysis of cardiac images is complex and time-consuming, requiring high accuracy due to the intricate anatomy and variability of images. Automating this process can enhance diagnostic efficiency. This study introduces a novel three-stage approach to myocardial segmentation in MRI images: localization, segmentation, and post-processing. The approach involves decomposing masks, detailed segmentation for accurate heart structure contours, and post-processing for smooth pixel transitions. Experiments using the ACDC dataset demonstrated high segmentation accuracy, with potential for broader application in MRI-based cardiac research.

Keywords: Cardiac MRI, heart segmentation, medical image analysis, mask decomposition, mask enhancement, deep learning

Анотація. Аналіз МРТ-зображень серця є складним і трудомістким процесом, що вимагає високої точності через складну анатомію та варіабельність зображень. Автоматизація цього процесу може підвищити ефективність діагностики. Це дослідження представляє новий підхід, що складається з трьох етапів для сегментації міокарда на МРТ-зображеннях: локалізація, сегментація та постобробка. Підхід включає декомпозицію масок, детальну сегментацію для отримання точних контурів серцевої структури та постобробку для плавних переходів між пікселями. Експерименти з

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

використанням набору даних ACDC продемонстрували високу точність сегментації з потенціалом для ширшого застосування в кардіологічних дослідженнях на основі МРТ.

Ключові слова: МРТ серця, сегментація серця, аналіз медичних зображень, декомпозиція маски, покращення маски, глибоке навчання

Cardiac MRI is a pivotal tool in assessing various heart conditions, particularly those involving structural and functional abnormalities. However, effective segmentation of cardiac structures, such as the left and right ventricles and the myocardium, remains challenging due to the complex anatomy and variability among patients [1]. The proposed method addresses these challenges by introducing a multi-stage process that combines state-of-the-art techniques in image processing and machine learning [2]. The segmentation pipeline begins with an advanced localization step that accurately identifies the regions of interest within the cardiac MRI scans. This is followed by a decomposition stage, where the localized regions are further refined to isolate the specific structures of interest. Finally, a post-processing stage enhances the contours of the segmented structures, improving their delineation and making the results more robust to variations in image quality and anatomical differences. In this regard, this study presents a novel approach to the segmentation and analysis of cardiac magnetic resonance images, focusing on the accurate localization, decomposition, and enhancement of cardiac structures. The scheme of the proposed approach is presented in Fig. 1.

The effectiveness of the proposed method is evaluated through extensive experiments using ACDC dataset [3], with results demonstrating significant improvements in segmentation accuracy compared to existing methods. Specifically, our approach achieves superior performance in segmenting the left and right ventricles and the myocardium across both the end-diastolic and end-systolic phases of the cardiac cycle. These improvements are quantified using standard metrics such as the Dice coefficient, which shows marked enhancements when our method is applied.

$$\text{Dice} = \frac{2 \times |A \cap B|}{|A| + |B|}, \quad (1)$$

where A – a set of pixels that belong to the predicted segmentation, B – a set of pixels that belongs to the true segmentation, $|A|$ – the number of elements in the set A , $|B|$ – the number of elements in the set B , $|A \cap B|$ – number of elements that belong to the set A , and set B (this is the area of overlap

between the predicted and true masks). In comparison to other state-of-the-art methods, our approach consistently outperforms in terms of both accuracy and robustness. The results of these comparisons underscore the potential of our method to be integrated into clinical workflows, offering a more reliable and precise tool for the diagnosis and treatment of cardiac conditions.

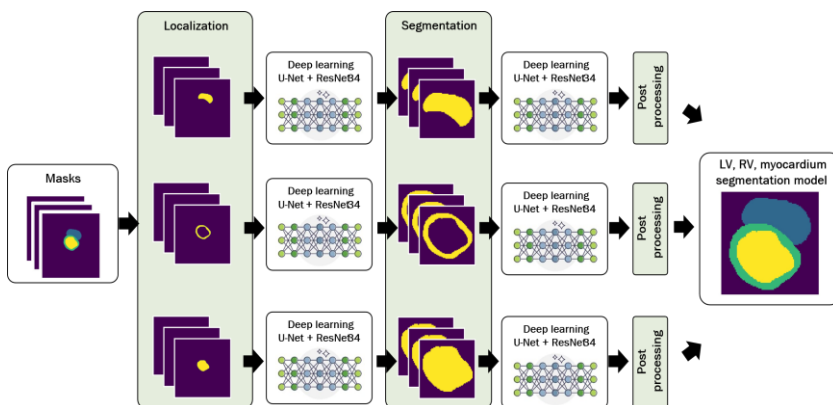


Figure 1. General scheme of the proposed approach.

In sum, this study contributes to the field of cardiac MRI segmentation and also sets a new benchmark for future research. The multi-stage approach detailed herein offers a comprehensive solution to the long-standing challenges in cardiac image analysis, paving the way for more effective and individualized patient care.

References

- [1]. Quantitative cardiac MRI / A. Seraphim et al. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2019. Vol. 51, no. 3. P. 693–711. URL: <https://doi.org/10.1002/jmri.26789>
- [2]. Myocardium segmentation using two-step deep learning with smoothed masks by Gaussian blur / V. Slobodzian et al. *6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM-2023)* : CEUR-Workshop Proceedings, Bratislava, Slovakia, 17–19 November 2023. Aachen, 2024. P. 77–91. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3609/paper7.pdf>
- [3]. Deep learning techniques for automatic MRI cardiac multi-structures segmentation and diagnosis: Is the problem solved? / O. Bernard et al. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2018. Vol. 37, no. 11. P. 2514–2525. URL: <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2837502>

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

УДК 004.27

**ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ
ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ З НЕЧІТКИМИ
МНОЖИНАМИ**

Dr.Sci. В. Тимченко^{1[0000-0003-4259-3919]}, **Ph.D. В. Крейнович**^{2[0000-0002-1244-1650]},

Dr.Sci., Ю. Кондратенко^{3[0000-0001-7736-883X]}

¹Національний університет кораблебудування, Україна

²Університет штату Техас, США

³Чорноморський національний університет, Україна

EMAIL: ¹vl.timchenko58@gmail.com, ²vladik@utep.edu,

³y_kondrat2002@yahoo.com

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF OPTICAL SYSTEMS FOR
COMPUTATIONAL OPERATIONS WITH FUZZY SETS**

Dr.Sci. V. Timchenko¹, **Ph.D. V. Kreinovich**²,

Dr.Sci. Yu. Kondratenko³

¹National University of Shipbuilding, Ukraine

²Texas State University, USA

³Black Sea National University, Ukraine

***Анотація.** Представлено аналіз основних тенденцій розвитку та оцінки ефективності оптичних нечітких обчислень. Визначено перспективний напрямок досліджень на основі використання світлового кванту визначеного кольору як нечіткої інформаційної множини.*

***Ключові слова:** оптичні обчислювання, квант нечіткої інформації*

***Abstract.** An analysis of the main trends in the development and evaluation of the effectiveness of optical fuzzy computing is presented. A promising direction of research based on the use of a light quantum of a certain color as a fuzzy information set has been determined.*

***Keywords:** optical computing, quantum of fuzzy information*

Значне зростання інтересу до оптичних обчислень, в тому числі засноване на перспективних досягненнях в області оптичної передачі великих обсягів інформації, обумовлено також безпрецедентною інтенсивністю пошуку рішень в області штучного інтелекту і відкриттям широких можливостей для підвищення продуктивності процесорів. Постійно розвиваються дослідження по створенню

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

повністю оптичних логічних пристроїв для бінарних і нечітких обчислень [1], що базуються на використанні ефектів голографії і поляризації світла, використанні дифракційних і інтерференційних явищ в схемах з матрицями призм, а також на основі інших принципів оптичної фізики. Слід зазначити, що технологічно складна реалізація пропонує пристроїв в даний час серйозно перешкоджає їх широкому впровадженню. З точки зору використання випромінювачів світла в елементах оптичної логіки великий інтерес представляють також роботи в квантовій оптиці по створенню енергоефективних конструкцій волоконних лазерів і лазерних світлодіодів з мінімальними імпульсними характеристиками. Детальний аналіз демонструє інноваційні переваги оптичних обчислень: • передача з низькими втратами енергії; • просторовий паралелізм та висока пропускна здатність за рахунок обробки інформації зі швидкістю світла; • можливість перетину світлових променів і програмне управління ними на високій швидкості; • робастність та інші.

Безсумнівно, при створенні оптичних логічних елементів необхідно, відповідно до широко визнаним і експериментально підтвердженим принципом Ландауера [2], оцінювати витрати енергії при виконанні обчислювальних операцій. Ці роботи експериментально підтвердили вимогу до архітектури електроніки наднизького енергоспоживання задовольняти межі принципу Ландауера, як доказ їх ефективності. Енергоефективність є одним з найважливіших принципів порівняння продуктивності оптичних і напівпровідникових обчислювальних елементів. У роботі [3] наведено детальний порівняльний аналіз електричних і оптичних обчислень з точки зору витрат на енергію. Висновки цих досліджень для оптичної обчислювальної системи, заснованої, наприклад, на модуляції світлових хвиль і двійковому кодуванні вхідних сигналів, полягають у тому, що енергетичні витрати електричних і оптичних систем приблизно однакові. Автор виходить з того, що розрахунки проводяться з однаково високою точністю і не охоплюють оптичні розрахунки з нечітким введенням інформації і використанням нейронних мереж. У той же час робота [4], присвячена аналогічним темам для обчислювальних нейронних мереж, показали значно вищі обчислювальні швидкості та енергоефективність повністю оптичних обчислювальних систем.

В інтелектуальних системах логічних обчислень вхідна інформація формується у вигляді цифрових сенсорних даних та експертних оцінок. При визначенні експертних оцінок, наприклад, небезпеки ситуації природньо представити їх таким чином: «надзвичайно небезпечний», «дуже небезпечний», «небезпечний», «скоріше небезпечний», «скоріше безпечний», «безпечний». Отже, у нас 6 ступенів небезпеки на основі лінгвістичних змінних (нечітких множин). Однак в даному випадку виникає принципова проблема: неможливо безпосередньо проводити логічні операції з лінгвістичними змінними, тобто для обробки лінгвістичних змінних потрібно спочатку перейти до цифрових розподілів. Один з перспективних напрямків використання альтернативного представлення нечіткої множини у вигляді кванту світлового випромінювача певного кольору представлено в роботі [5]. Це дозволяє, достатньо простою за реалізацією оптичною архітектурою, виконувати основні логічні операції з нечіткими множинами: диз'юнкцію, кон'юнкцію та заперечення. Таким чином, досягається висока швидкість і точність оцінок при обробці вхідної інформації для операцій з нечіткими множинами (які включають всього шість ступенів розподілу і відповідають, відповідно, кольорам «червоний», «жовтий», «пурпурний», «зелений», «голубий», «синій»). В перспективі це дозволить вивільнити обчислювальний час, що потребують традиційні бінарні операції та збільшити швидкість обчислень з нечіткими даними орієнтовно в 10^3 рази.

Оптична обчислювальна архітектура основних логічних операцій будуватиметься на адитивній (диз'юнкція) та субтрактивній (кон'юнкція) трансформації світлового випромінювання на основі використання оптичних структур світлових фільтрів, що називаються логічними колороїдами. Значною перевагою при цьому є відсутність перемикальних компонентів. Для виконання логічної операції заперечення, та інших логічних операцій на її основі, розроблено логічні оптичні структури з використанням блоків перемикальних компонентів та детекторів світла, без потреб вимірювання для визначення кольору відповідного світлового випромінювання.

Література

[1]. V. Jandieri, R. Khomeriki, et al., Functional all-optical logic gates for true time domain signal processing in nonlinear photonic crystal waveguides, *Optics Express* (2020) 28(12): 18317-18331.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2]. J. Hong, B. Lambson, S. Dhuey, J. Bokor, Experimental test of Landauer's principle in single-bit operations on nanomagnetic memory bits. (2016) Sci. Adv. 2, e1501492.

[3]. P. L. McMahon, The physics of optical computing, arXiv:2308.00088v1, [physics.optics] 31 Jul 2023.

[4]. M. Matuszewski, A. Prystupiuik, and A. Opala, The role of all-optical neural networks, arXiv:2306.06632v2, [cs.ET] 13 Jun 2023.

[5]. V. Timchenko, Yu. Kondratenko, V. Kreinovich, Implementation of Optical Logic Gates Based on Color Filters, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 181, pp. 126–136.

UDC 004.9:519.7

**CONCEPT OF CYBER-PHYSICAL SYSTEM OF MELT ELECTRIC
CURRENT TREATMENT WITH THE DIGITAL TWINS
APPLICATION**

Ph.D. Y. Zaporozhets^{1[0000-0002-3693-3844]}, **Ph.D. A. Ivanov**^{2[0000-0002-3247-6121]}

Dr.Sci. Y. Kondratenko^{3[0000-0001-7736-883X]}, **Ph.D. V. Tsurkin**^{4[0000-0003-2697-579X]}

^{1,2,4}*Institute of Pulse Processes and Technologies of NAS of Ukraine, Ukraine*

³*Petro Mohyla Black Sea National University & Institute of the Artificial Intelligence
Problems of the MES and NAS of Ukraine, Ukraine*

EMAIL: ¹yurii.zaporozhets@nuos.edu.ua, ²artiomisan@gmail.com,

³yuriy.kondratenko@chmnu.edu.ua, ⁴dpta@iipr.com.ua

**КОНЦЕПЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ
РОЗПЛАВУ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
DIGITAL TWINS**

Ph.D. Ю. Запорожець¹, **Ph.D. А.Іванов**²,
Dr.Sci. Ю. Кондратенко³, **Ph.D. В.Цуркін**⁴

^{1,2,4}*Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Україна*

³*Чорноморський національний університет імені Петра Могили та Інститут
проблем штучного інтелекту МОН та НАН України, Україна*

***Abstract.** This paper considers a special information control system for the automation of control processes in the foundry, where due to the presence of many uncertain production factors one of the main problem is the management of cast products quality.*

***Keywords:** information control system, management of cast products quality*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У даній роботі розглядається спеціальна інформаційна керуюча система для автоматизації процесів управління в ливарному цеху, де через наявність багатьох невизначених виробничих факторів однією з головних проблем є управління якістю литої продукції.*

***Ключові слова:** інформаційна система управління, управління якістю литих виробів*

This paper considers a special information control system for the automation of control processes in the foundry, where due to the presence of many uncertain production factors one of the main problem is the management of cast products quality [1]. Inter alia electric current treatment (ECT) of the melt is used to improve the quality of castings. ECT generates complex electromagnetic and other physical phenomena in the melt that make impossible the direct control of the technological process parameters, since at the present stage there is virtually no perfect and unambiguous understanding of the mechanism of the of the electromagnetic field influence on the structure formation of the cooled metal and the quality of castings.

That is why multidisciplinary exploratory research is being conducted to determine approaches to identifying the preconditions and factors of such an impact.

According to the current understanding of the essence of the ECT process, a significant role in these phenomena is played by the interaction of objects at the level of microscopic and mesoscopic structures, which are an open thermodynamically unstable system where fluctuations in the energy states of ensembles of microparticles occur, resulting in dissipative structures that are prone to self-organization. And the prerequisite for this chain of events is the spatial heterogeneity of the energy states of structural elements of the liquid, caused, in particular, by the action of a non-uniform electromagnetic field.

Therefor the authors being involved in this area of research, devoted the attention notably the cognitive analysis of the physical content of these phenomena and the main factors influencing the results of melt treatment.

The analysis of the phenomenological ground of the notion about the ECT content established the premicis for developing a cognitive model and a map of the cause-and-effect structuring of information about the processes, that occur in the melt, shown in Fig. 1.

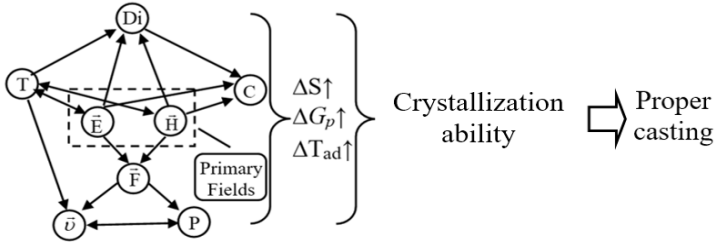


Figure 1. ECT cognitive map: \vec{E} – electric field; \vec{H} – magnetic field; \vec{F} – force field; \vec{v} – flow field; T – temperature field; Di – diffusion; P – pressure field; C – heat exchange; $\Delta S \uparrow$ – entropy export; $\Delta G_p \uparrow$ – growth of Gibbs energy in the melt; $T_{ad} \downarrow$ – artificial undercooling

Based on the logic of cognitive model the innovative information and control system of computer modeling "ITIS" and its algorithmic paradigm are developed, which implements the principles of integration of computing with physical processes of ECT. ITIS virtually constitutes a prototype of the cyber-physical system (CPS) of "smart casting" and de facto embodies its structure and functional scheme.

The algorithmic paradigm of ITIS involves the formation of simulation models of ECT modes, first of all electromagnetic, that adequately reflect the real physical processes.

Hence for the further development of this CPS, it turned out to be necessary to fill it with computer models of the melt ECT process, which can be used as digital twins (DT) – simulators of melt processing modes, to identify the controllable factors that affect the process of casting structure formation [2].

So the mathematical models and algorithms for calculating the parameters of melt treatment and filling the CPS databases with DT of ECT modes to predict its results have been drafted. In particular, the great importance has the non-uniform spacial distribution of the electromagnetic force over the melt volume.

For example, Fig. 2 shows the diagram of electromagnetic force density level lines in the space of ECT reactor cross section with different electrode systems that effect on the structure formation of castings.

Such a diagram serves as a “map” of the probable distribution of pressure fluctuations locations and thermoacoustic waves excited by electric currents that occur at the melt structure’s of the meso- and submicroscopic levels.

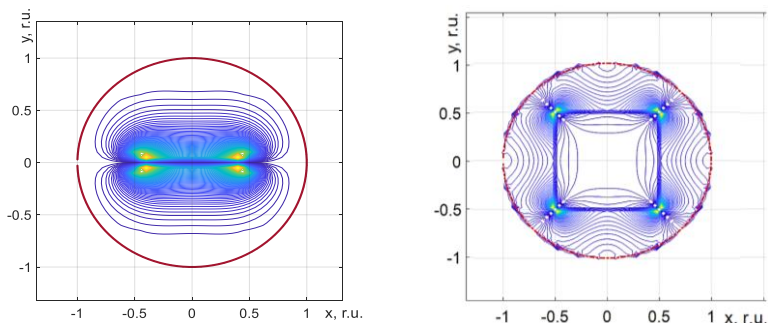


Figure 2. Level lines of the density of the volume electromagnetic force in 2-electrode (left) and 4-electrode (right) systems

Thus, these diagrams form the set of DT of ECT modes, by varying which it is possible to build scenarios to research the influence of ECT modes on the distribution of casting crystallization nuclei and select the most appropriate processing parameters.

References

- [1] J. Kozłowski, R. Sika, F. Górski, O. Cizak, Modeling of Foundry Processes in the Era of Industry 4.0. In: Ivanov, V., *et al.* Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_7
- [2] N.D. Pankratova, K.D. Grishyn, V.E. Barilko, Digital Twins: stages of concept development, areas of use, prospects, System research & information technologies 2 (2023) 7 – 21. doi:10.20535/SRIT.2308-8893.2023.2.01
- [3] Y. Zaporozhets, A. Ivanov, Y. Kondratenko, V. Tsurkin, N. Batechko, Innovative System of Computer Modelling of Multiphysics Processes for Controlled Electrocurrent Treatment of Melts, Science and Innovation 18 (2020) 85–105. doi:10.15407/scine18.04.085.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

UDC 004.056: 004.9+629.4

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR OPTIMIZATION
OF METAL CUTTING PARAMETERS IN AWJ**

Dr.Sci. O. Rudenko^{1[0000-0003-0859-2015]}, **Dr.Sci. O. Bezonov**^{2[0000-0001-6104-4275]},
Ph.D. O. Ilyunin^{3[0000-0002-7751-4814]}, **Ph.D. N. Serdiuk**^{4[0000-0002-0107-4365]},

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine
EMAIL: ¹oleh.rudenko@nure.ua, ²oleksandr.bezonov@nure.ua,
³oleh.iliunin@nure.ua, ⁴nataliya.serdyuk@nure.ua

**ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
ПАРАМЕТРІВ РІЗАННЯ МЕТАЛУ З АЖ**

Dr.Sci. O. Руденко, Dr.Sci. O. Безсонов, Ph.D. O. Ілюнін, Ph.D. Н. Сердюк
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

Abstract. *This study explores the application of Artificial Neural Networks (ANNs) in optimizing cutting parameters in the context of advanced manufacturing processes. The primary objective is to enhance cutting efficiency and tool life while minimizing surface roughness and power consumption. By leveraging ANNs, the model predicts optimal cutting conditions based on a variety of inputs, such as cutting speed, feed rate, and depth of cut. The results demonstrate the effectiveness of ANNs in predicting outcomes and optimizing parameters for improved performance in manufacturing systems.*

Keywords: *artificial neural net, machine learning, abrasive water jet technology, optimization*

Анотація. *Пропонується застосування штучних нейронних мереж (ШНМ) для оптимізації параметрів різання в контексті передових виробничих процесів. Основною метою є підвищення ефективності різання та довговічності інструменту при мінімізації шорсткості поверхні та енергоспоживання. Використовуючи ANN, модель передбачає оптимальні умови різання на основі різноманітних вхідних даних, таких як швидкість різання, швидкість подачі та глибина різання. Результати демонструють ефективність ШНМ у прогнозуванні результатів та оптимізації параметрів для підвищення продуктивності виробничих систем.*

Ключові слова: *штучна нейронна мережа, машинне навчання, абразивна водоструминна технологія, оптимізація*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

In the manufacturing industry, optimizing cutting parameters is crucial for improving product quality and operational efficiency. Traditional methods rely on empirical approaches, which can be time-consuming and less accurate. With the advent of machine learning, specifically ANNs, it is now possible to model complex relationships between cutting conditions and machining performance with higher precision [1].

The aim of this research is to develop a neural network model that predicts optimal cutting parameters to achieve desired outcomes in terms of surface finish, tool wear, and energy consumption.

The study focuses on applying ANNs to analyze and optimize turning operations, which are critical in producing high-quality parts.

The research employs a feed-forward neural network model trained using backpropagation.

The input layer consists of parameters such as cutting speed, feed rate, and depth of cut, while the output layer predicts results like surface roughness and tool wear.

The dataset used for training and validation was obtained from controlled experiments on a CNC lathe machine.

The ANN architecture was selected based on its ability to generalize from the training data, with multiple hidden layers to capture the nonlinear relationships inherent in the cutting process. The model was trained iteratively until the prediction error was minimized, ensuring that the network could accurately predict optimal cutting conditions [2].

The ANN model successfully predicted cutting parameters that resulted in improved surface finish, reduced tool wear, and lower energy consumption. The predictions were validated against experimental results, showing a high degree of accuracy.

Key findings include:

- surface Roughness. The model identified the optimal combination of low feed rate and moderate cutting speed as crucial for minimizing surface roughness;
- tool Wear. Lower cutting speeds were found to significantly reduce tool wear, extending tool life;
- energy Consumption. The model suggested that reducing the depth of cut can lead to significant energy savings without compromising the quality of the workpiece.

These results highlight the potential of ANNs in optimizing machining processes, leading to more efficient and cost-effective manufacturing

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

operations. This study demonstrates the feasibility and effectiveness of using ANNs for optimizing cutting parameters in machining operations.

The ANN model developed provides accurate predictions that can help manufacturers achieve better surface quality, longer tool life, and reduced energy consumption. Future work could extend this approach to other machining processes and explore the integration of real-time data for adaptive control of cutting parameters.

References

[1]. Oleg Ilyunin; Oleg Rudenko; Oleksandr Bezsonov; Stanislav Boldyryev; Viktor Zorenko; Nataliia Serdiuk. Neural Network Controller of Flow through a Butterfly Valve // Proc. 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). – Kharkiv, Ukraine, 2022.

[2]. Bezsonov O., Ilyunin O., Kaldybaeva B., Selyakov O., Perevertaylenko O., Khusanov A., Rudenko O., Udovenko S., Shamraev A., Zorenko V. Resource and Energy Saving Neural Network-Based Control Approach for Continuous Carbon Steel Pickling Process // Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2019. – Vol.7. – Issue 2. – P. 275–292.

UDC 004.032.26:004.8:004.9

**SEMI-SUPERVISED LEARNING FOR MEDICAL IMAGES
SEGMENTATION USING 4D ATLAS PRIORS**

Dr.Sci. V. Sineglazov¹[0000-0002-3297-9060], K. Riazanovskiy²[0000-0002-8771-8060]

¹National Aviation University, Ukraine

²National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

EMAIL: ¹svm@nau.edu.ua, ²k.riazanovskiy@kpi.ua

**НАПІВНЕ КОНТРОЛЮВАНЕ НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ
МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ 4D ATLAS
PRIORS**

Dr.Sci. В. Синеглазов¹, К. Рязановський²

¹Національний авіаційний університет, Україна

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Abstract. *The paper discusses the development of a semi-supervised learning method for brain image segmentation on MRI using 4D atlas priors. The proposed method allows for efficient use of unlabeled data to improve segmentation accuracy. The work describes the creation of a probabilistic 4D atlas, including coordinates and voxel intensities, and its generalization using Gaussian Mixture Models (GMM). Experiments demonstrated high accuracy of the proposed method on real MRI data.*

Keywords: *semi-supervised learning, medical image segmentation, 4D atlas priors, MRI, Gaussian Mixture Models.*

Анотація. *У роботі розглядається розробка методу напівкерованого навчання для сегментації зображень мозку на МРТ з використанням 4D атласних пріорів. Запропонований метод дозволяє ефективно використовувати немарковані дані для покращення точності сегментації. У роботі описано створення ймовірного 4D атласу, що включає координати та інтенсивності вокселів, та його узагальнення за допомогою моделей Гауссових сумішей (GMM). Проведені експерименти показали високу точність запропонованого методу на реальних даних МРТ.*

Ключові слова: *напівкероване навчання, сегментація медичних зображень, 4D атласні пріори, МРТ, Гауссові суміші.*

Brain tumors remain a significant medical challenge that requires precise diagnosis and timely treatment [1, 2]. Magnetic resonance imaging (MRI) plays a crucial role in diagnosis, but segmenting MRI images to identify tumors is complex due to the unique characteristics of brain tumors. This work is focused on developing a semi-supervised learning method for brain image segmentation using 4D atlas priors, allowing efficient use of unlabeled data to improve segmentation accuracy.

Develop a semi-supervised learning method that utilizes 4D atlas priors for brain tumor segmentation on MRI images, enhancing model accuracy and generalization with a limited amount of labeled data. For the labeled sample and the unlabeled sample create a classifier that correctly predicts the binary mask of the new scan tensor utilizing both samples.

The method is based on constructing a probabilistic 4D atlas that includes the coordinates and voxel intensities of labeled segments and generalizing this atlas using Gaussian Mixture Models (GMM). The atlas is utilized in three forms: as a loss function, for generating pseudomasks, and for pseudomask validation. The performance of the proposed method was tested on real MRI data with axial brain tumor images.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

A private MRI dataset of brain tumors was used for experiments and validation. The T1 modality and axial view were employed. The dataset comprised 34 patients and 1144 images. Labeling was performed manually by medical professionals with over 10 years of experience.

To account for anatomical structures and the natural location of anomalies, as well as their color, we propose creating 4D atlas priors based on labeled data segments. The first three dimensions of the atlas are the coordinates of the anomaly location in a 3D scan. The fourth dimension is the observed color or contrast of anomaly pixels. To generalize the atlas and remove input data limitations, we propose modeling the pixel distributions of the given atlas using GMM. Modeling through GMM helps the models better generalize to new data without being restricted to the existing tumor atlas, as GMM assigns the probability of tumor presence to a wider range of pixels. We propose using the negative log-likelihood (NLL) of the data under the GMM model as a loss function based on the 4D GMM atlas.

Three training options based on the proposed 4D atlas are suggested:

1. A new loss function that maximizes the likelihood of the location and voxel intensities of unlabeled image pseudomasks and atlas values in the region of the resulting pseudomask.
2. A loss function based on location likelihood only, but using MSE for the atlas intensities.
3. Pseudomask validation for atlas-based sample expansion.

The results demonstrated (Table 1) that the proposed semi-supervised learning methods based on the atlas achieved IoU nearly similar to training on the full dataset. The best-performing method was the 3D GMM loss + voxel intensity loss, achieving an accuracy of 0.9 with only 30% of the data used.

Table 1. Resulting IoU accuracy of the proposed approach on the test sample

Method/Percentage of data used	5%	10%	30%	50%
4D GMM atlas loss	0.66	0.76	0.88	0.9
3D GMM loss + voxel intensity loss	0.68	0.79	0.9	0.92
Pseudomasks validation	0.62	0.75	0.87	0.89
Method [3]	0.55	0.68	0.8	0.82
Method [4]	0.54	0.66	0.79	0.81

In this paper, we introduced an advanced semi-supervised learning framework for brain tumor segmentation that leverages 4D atlas priors to

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

utilize both labeled and unlabeled data effectively. Our approach constructs a probabilistic 4D atlas based on labeled segments, generalizes this atlas using GMM, and incorporates additional dimensions to account for contrast variations within the anomalies.

References

[1] Ilic I, Ilic M. International patterns and trends in the brain cancer incidence and mortality: An observational study based on the global burden of disease. *Heliyon*. 2023 Jul 13;9(7):e18222. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18222. PMID: 37519769; PMCID: PMC10372320.

[2] Miller KD, Ostrom QT, Kruchko C, Patil N, Tihan T, Cioffi G, Fuchs HE, Waite KA, Jemal A, Siegel RL, Barnholtz-Sloan JS. Brain and other central nervous system tumor statistics, 2021. *CA Cancer J Clin*. 2021. <https://doi.org/10.3322/caac.21693>

[3] M. C. H. Lee, K. Petersen, N. Pawlowski, B. Glocker and M. Schaap, "TeTrIS: Template Transformer Networks for Image Segmentation With Shape Priors," in *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 38, no. 11, pp. 2596-2606, Nov. 2019, doi: 10.1109/TMI.2019.2905990.

[4] Clough, J.R., Byrne, N., Oksuz, I., Zimmer, V.A., Schnabel, J.A., & King, A.P. (2019). A Topological Loss Function for Deep-Learning Based Image Segmentation Using Persistent Homology. *Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44, 8766 - 8778.

UDC 004.94:61

**ENHANCING MEDICAL NLI WITH INTEGRATED DOMAIN
KNOWLEDGE AND SENTIMENT ANALYSIS**

Dr.Sci. E. Manziuk¹ [0000-0002-7310-2126], O. Chaban² [0009-0001-4710-3336]

Khmelnytskyi National University, Ukraine

EMAIL: ¹eduard.em.km@gmail.com, ²entee94@gmail.com

**ПОКРАЩЕННЯ МЕДИЧНИХ ВИСНОВКІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕГРОВАНОГО ЗНАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ
ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗУ НАСТРОЇВ**

Dr.Sci. E. Манзюк, О. Чабан

Хмельницький національний університет, Україна

Abstract. Recent advances in biomedical language models, such as BioELMo, have improved medical natural language inference (NLI). In this study, we enhance NLI by integrating domain knowledge embeddings from UMLS using MultE and

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

adding domain-specific sentiment via MetaMap. Applied to the MedNLI dataset, our approach, processed through a bidirectional LSTM with attention, achieved an accuracy of 81.14%, significantly surpassing baseline models. The obtained results demonstrate that combining advanced embeddings with domain knowledge can enhance clinical decision support and medical record analysis.

Keywords: *medical natural language inference, domain knowledge embeddings, smart healthcare systems, artificial intelligence*

Анотація. *Нещодавні досягнення в галузі оброблення медичної природної мови, як от модель BioELMo, покращили медичний висновок природною мовою (NLI). У цій роботі ми вдосконалюємо NLI через інтегрування знань предметної області з UMLS за допомогою відомої моделі глибокого навчання MultiE та додавання специфічних для домену сентиментів на основі MetaMap. Запропонований у цій роботі підхід застосовано до набору даних MedNLI та оброблено за допомогою двонаправленого LSTM з механізмом уваги. Побудована модель досягнула точність класифікації 81,14% за набором MedNLI. Отримані результати демонструють, що поєднання сформованого вектору ознак з інтегрованими знаннями предметної області може покращити підтримку прийняття клінічних рішень та аналіз медичних записів.*

Ключові слова: *медичний висновок, вектор ознак знання предметної області, інтелектуальні системи охорони здоров'я, штучний інтелект, глибоке навчання*

Over the past decade, MLI has gained significant relevance in the fields of artificial intelligence (AI) and natural language understanding (NLU). In particular, NLI includes such a subtask as identifying the links between conclusions, such as a consequence or contradiction between a given premise and a hypothesis [1]. NLI is critical for numerous applications, including machine reading comprehension, dialogue systems, and information retrieval. Although substantial progress has been made in domains like fiction and travel, the medical field remains relatively underexplored [2]. The introduction of MedNLI [3], an expert-annotated dataset for clinical NLI, marks a significant advancement in bridging the gap between general NLI and its application in the medical field. MedNLI allows for the evaluation and refinement of sentence and word embedding methods specifically designed for medical texts. However, the complex nature of medical texts, which frequently contain jargon, abbreviations, and context-dependent meanings, presents substantial challenges for inference

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

modeling. Despite recent advancements in this filed, the full potential of clinical domain knowledge features remains untapped [4].

In this study, we aim to enhance medical NLI based on the domain knowledge embeddings and sentiment analysis extracted from the Unified Medical Language System (UMLS). We also suggest integrating sentiment information for medical concepts using MetaMap [5], a tool that links biomedical text to UMLS concepts, to enhance the model's performance. Our work introduces the following scientific contributions:

- An enhanced approach to combine contextual word embeddings with domain-specific embeddings, integrating domain knowledge through domain knowledge embeddings applied to UMLS to enhance the performance of base NLI architectures (Fig. 1).
- An enhanced technique for obtaining sentimental information associated with medical concepts from UMLS, demonstrating that careful utilization of domain knowledge can yield promising results in medical NLI tasks.

For embedding the Domain knowledge, we employed an enhanced version of the MultE model. We hypothesize that a context-aware and regularized MultE model can surpass other domain knowledge embedding models.

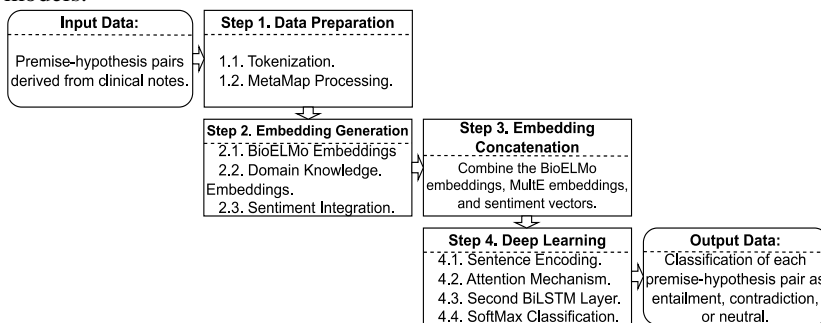


Figure 1. The diagram illustrates the proposed approach for classifying premise-hypothesis pairs derived from clinical notes, detailing the steps from data preparation and embedding generation to deep learning output and final classification.

MultE represents entities (nodes) and relationships (edges) as vectors, using non-linear transformations and matrix dot products to evaluate the compatibility between head h (hypothesis) and tail t (entities) connected by

a relationship r . The improved formalization of MultE embeddings is presented as follows:

$$\sigma_{MultE}^{hrt} = \text{ReLU}(W_r r + b_r)^T \text{ReLU}(W_h h + b_h) \cdot \text{ReLU}(W_t t + b_t), \quad (1)$$

where W_r , W_h , and W_t are weight matrices and b_r , b_h , and b_t are bias terms.

Formula (1) introduces non-linear transformations to capture more complex interactions. Overall, the contributions of our study are twofold. First, we introduce an enhanced approach to combine contextual word embeddings with domain-specific domain knowledge embeddings, significantly improving the performance of state-of-the-art NLI models. Second, we integrate sentiment analysis into the model, enhancing its ability to understand and process nuanced medical texts. These advancements are aimed to enhance the accuracy of medical NLI and contribute to the broader field of NLI by demonstrating the effectiveness of integrating structured domain knowledge and sentiment analysis.

References

- [1] Incorporating domain knowledge into natural language inference on clinical texts / M. Lu et al. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 57623–57632. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2913694>
- [2] Herlihy C., Rudinger R. MedNLI is not immune: Natural language inference artifacts in the clinical domain. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 2: Short Papers)*, 1–6 August 2021. Stroudsburg, PA, USA, 2021. P. 1020–1027. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-short.129>
- [3] Romanov A., Shivade C. Lessons from natural language inference in the clinical domain. *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, Brussels, Belgium, 31 October – 4 November 2018. Stroudsburg, PA, USA, 2018. P. 1586–1596. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d18-1187>
- [4] Чабан О., Манзюк Е. Метод інтегрування доменних знань у багатостратегічну класифікацію медичних зображень. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. Т. 2, № 3(337). С. 231–236. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-34>

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[5] Aronson A. R., Lang F.-M. An overview of MetaMap: Historical perspective and recent advances. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2010. Vol. 17, no. 3. P. 229–236. URL: <https://doi.org/10.1136/jamia.2009.002733>

UDC 004.048

**AUTOMATED DATA MINING OF THE SINGLE OBJECTS FROM
BLURRED CCD FRAMES USING THE LUCY-RICHARDSON
DECONVOLUTION**

B.Sc. E. Hadzhyiev¹[0009-0003-6752-7827], **Ph.D. S. Khlamov**²[0000-0001-9434-1081],
Dr.Sci. V.Savanevych³[0000-0001-8840-8278], **Ph.D. V. Vlasenko**⁴[0000-0001-8639-4415]
^{1,2,3}*Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine*
⁴*National Space Facilities Control and Test Center, Ukraine*
EMAIL: ¹*emil.hadzhyiev@nure.ua*, ²*sergii.khlamov@gmail.com*,
³*vadym.savanevych1@nure.ua*, ⁴*vlasenko.vp@gmail.com*

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДІЯЛЬНІСТЬ ОДНИХ ОБ'ЄКТІВ З
РОЗМИТИХ ПЗЗ-КАДРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ
ЛЮСІ-РІЧАРДСОНА**

B.Sc. Є. Гаджиєв¹, **Ph.D. С. Хламов**², **Dr.Sci. В.Саваневич**³,
Ph.D. В. Власенко⁴

^{1,2,3}*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*
⁴*Національний центр управління та випробувань космічної техніки, Україна*

Abstract. The article is devoted to the realization of a sophisticated data mining pipeline, which was designed for restoring the high-quality images from the blurred frames. The developed data mining pipeline leverages the modern informational technologies for the horizontal and vertical scalability. The core methodology integrates the following mathematical methods and algorithms: an inverse median filtration method for the noise reduction and the Lucy-Richardson algorithm for deblurring. The inverse median filtration effectively reduces impulsive noise while preserving edges, and the Lucy-Richardson algorithm iteratively refines the image by correcting for blurring effects encoded in the point spread function. The proposed system's architecture of the processing pipeline for automated data mining of the single astronomical objects from blurred CCD frames utilizes the following modern technologies: Python programming language, Redis, FastAPI, React, Docker, and Caddy to ensure high performance, scalability, and ease of deployment. The proposed pipeline addresses the unique challenges of astronomical image processing, offering a robust solution for automated data mining of single astronomical objects.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The combination of effective noise reduction and deblurring techniques, along with a scalable and high-performance system architecture, provides a comprehensive solution to the challenges faced in processing astronomical images.

Keywords: *data mining, automated pipeline, blurred image, inverse median filter, noise reduction, Lucy-Richardson deconvolution, image processing.*

Анотація. *Стаття присвячена реалізації складного конвеєра інтелектуального аналізу даних, який був розроблений для відновлення високоякісних зображень із розмитих кадрів. Розроблений конвеєр інтелектуального аналізу даних використовує сучасні інформаційні технології для горизонтальної та вертикальної масштабованості. Основна методологія об'єднує наступні математичні методи та алгоритми: метод зворотної медіанної фільтрації для зменшення шуму та алгоритм Люсі-Річардсона для зменшення розмиття. Зворотна медіанна фільтрація ефективно зменшує імпульсивний шум, зберігаючи краї, а алгоритм Люсі-Річардсона ітеративно покращує зображення, коригуючи ефекти розмиття, заховані у функції розподілу точок. Запропонована системна архітектура конвеєра обробки для автоматизованого аналізу даних окремих астрономічних об'єктів із розмитих кадрів CCD використовує такі сучасні технології: мова програмування Python, Redis, FastAPI, React, Docker і Caddy для забезпечення високої продуктивності, масштабованості та простоти розгортання. Запропонований конвеєр вирішує унікальні проблеми обробки астрономічних зображень, пропонуючи надійне рішення для автоматизованого аналізу даних окремих астрономічних об'єктів. Поєднання ефективних методів шумозаглушення та видалення розмиття, а також масштабована та високопродуктивна архітектура системи забезпечують комплексне вирішення проблем, що виникають під час обробки астрономічних зображень.*

Ключові слова: *інтелектуальний аналіз даних, автоматизований конвеєр, розмите зображення, зворотний медіанний фільтр, шумозаглушення, деконволюція Люсі-Річардсона, обробка зображень.*

Astronomical imaging has significantly advanced our understanding of the universe. However, capturing high-resolution images of celestial objects presents various challenges, one of the most prominent being image blur. This blur can obscure critical details necessary for astronomical research [1], thus necessitating sophisticated deblurring techniques.

Astronomical image blur primarily results from atmospheric turbulence, where heterogeneities in atmospheric density and temperature cause differential refraction of celestial light, leading to distortions and the twinkling effect observed in stars. This phenomenon, known as "seeing,"

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

significantly impacts the clarity of astronomical observations [2]. Optical aberrations in telescopes, arising from imperfections in the design or misalignment of optical components, introduce further degradation. Aberrations such as spherical, chromatic, and astigmatic distortions compromise image fidelity, even in high-quality telescopes.

This paper presents a sophisticated data mining pipeline designed for the automated restoration and analysis of the single astronomical objects from the blurred CCD frames. The research was conducted in scope of the CoLiTec (Collection Light Technology) project [3].

The pipeline incorporates advanced methodologies, specifically the median filter and the Lucy-Richardson algorithm, to effectively mitigate noise and deblur images, thereby enhancing the quality of astronomical observations, which is very important for the photometry tasks.

The median filter is crucial for noise reduction, particularly in mitigating impulsive noise while preserving essential image details and edges. This pre-processing step is fundamental in preparing images for subsequent deblurring. The Lucy-Richardson algorithm then iteratively refines the deblurred images by compensating for the blurring effects characterized by the PSF. This combination ensures that the images are not only clearer but also retain critical astronomical details necessary for accurate data analysis.

Our pipeline is embedded within a robust information system designed for high performance and scalability, leveraging contemporary technologies such as Python, Redis, FastAPI, React, Docker, and Caddy.

This architectural design ensures the system's ability to handle large volumes of data efficiently, addressing the common requirements in astronomical research. The effectiveness of the implemented pipeline is demonstrated through significant improvements in image clarity, as illustrated in our results section. The developed pipeline can be also used for the different automated monitoring and visualization systems to track the astronomical objects [4] in real-time.

By integrating efficient noise reduction and deblurring techniques within a scalable system architecture and data stream clustering, this work significantly advances the capabilities of automated data mining [5] in astronomy. Also, the results of our implementation with a higher quality will be useful in application of the machine learning methods.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1]. Troianskyi V., et al., Optical observations of the potentially hazardous asteroid (4660) Nereus at opposition 2021. *Icarus*, vol. 420, 116146. (2024). doi: 10.1016/j.icarus.2024.116146.
- [2]. Troianskyi V., et al., First reported observation of asteroids 2017 AB8, 2017 QX33, and 2017 RV12. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, vol. 53, pp. 5–15. (2023). doi: 10.31577/caosp.2023.53.2.5.
- [3]. Khlamov S., et al., Machine vision for astronomical images using the modern image processing algorithms implemented in the CoLiTec software. *Measurements and Instrumentation for Machine Vision*, Chapter 12: CRC Press, pp. 269–310. (2024). doi: 10.1201/9781003343783-12.
- [4]. Khlamov S., and Savanevych V., Big astronomical datasets and discovery of new celestial bodies in the Solar System in automated mode by the CoLiTec software. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, Astrogeoinformatics: Elsevier*, pp. 331–345. (2020). doi: 10.1016/B978-0-12-819154-5.00030-8.
- [5]. Khlamov S., et al., Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3171, pp. 1043–1055. (2022).

UDC 519.684.6:004.021

**INTELLIGENT ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE
CHALLENGER SPACE SHUTTLE DISASTER**

Dr.Sci. V. Mykhailenko^{1[0000-0003-2793-8966]}, **Ph.D. R. Kharchenko**^{2[0000-0003-3051-7513]},
Dr.Sci. Y. Gunchenko^{3[0000-0003-4423-8267]}, **Ph.D. A Kochetkov**^{4[0000-0001-8200-4897]},
O. Zui^{5[0000-0001-9520-4441]}

^{1,2}*National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine*

^{3,5}*I.I. Mechnikov National University, Ukraine*

⁴*Odessa National Maritime University*

EMAIL: ¹vlamihailenod@gmail.com, ²romannn30@gmail.com,

³gunchenko@onu.edu.ua, ⁴0679016767@ukr.net, ⁵oks.zuj@gmail.com

**РОЗУМНИЙ АНАЛІЗ ПРИЧИН КАТАСТРОФИ ЧОВНИКА
«ЧЕЛЛЕНДЖЕР»**

Dr.Sci. В. Михайленко¹, **Ph.D. Р. Харченко**², **Dr.Sci. Ю. Гунченко**³,
Ph.D. А Кочетков⁴, **О. Зуй**⁵

^{1,2}*Національний університет «Одеська морська академія», Україна*

^{3,5}*І.І. Національний університет імені Мечникова, Україна*

⁴*Одеський національний морський університет*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Abstract. *The publication presents an intelligent analysis of data indicating the causes of the Challenger space shuttle disaster. Data analysis was performed using a specialized Orange software package. Statistical indicators of failure of the fuel tank sealing rings, as well as the corresponding air temperature on the day of the spacecraft launch, were used as initial data. Data analysis using logistic regression indicates that at a temperature of 36 degrees Celsius there is an 89% chance of O-ring failure, which indicates a significant risk of defects. Overall, the average probability of failure for all five rings of the spacecraft was 56%, which confirmed the conclusions of the investigative commission about the causes of the disaster.*

Keywords: *Intelligent Analysis, Space Shuttle Challenger, O-Ring, Logistic Regression, k-means method*

Анотація. *У публікації подано інтелектуальний аналіз даних, що вказують на причини катастрофи космічного човника Challenger. Аналіз даних проводиться за допомогою спеціалізованого програмного пакету Orange. Як вихідні дані використовувалися статистичні показники виходу з ладу ущільнювальних кілець паливного бака, а також відповідна їм температура повітря в день запуску космічного корабля. Аналіз даних з використанням логістичної регресії показує, що при температурі 36 градусів Цельсія існує 89% ймовірність виходу з ладу кільця ущільнювача, що говорить про значний ризик виникнення дефектів. Загалом середня ймовірність виходу з ладу всіх п'яти кілець космічного корабля становила 56%, що підтвердило висновки слідчої комісії про причини катастрофи.*

Ключові слова: *Інтелектуальний аналіз, космічний човник Challenger, кільце ущільнювача, логістична регресія, метод k-середніх*

The method of modeling is the creation of an expert system for predicting the probability of ring failure at given outside temperatures, presented before analysis, based on criteria known from additional statistical data of failures during previous flights. At the initial stage, the system that is fragmented uses logistic regression algorithms [1, 2]. We begin by adding a statistics file to the program. The main goal is to predict the probability of malfunctions, i.e. ring breakage. To achieve this, we will use the variable Y, which we will define as the target (breakdown prediction). It should be noted that a value of 0 indicates that the ring has no breaks, while a value of 1 indicates that it is broken. Based on the results of the data analysis, it can be seen that the first five rows (five rings) show the results of the first experiment (flight), identifying the ring that was damaged at a temperature of 53 degrees (three rings). The next five rows presented the results of other experiments conducted at 57 degrees (1 ring), and so on [3].

The k-means method is used for data clustering based on an algorithm for partitioning a vector space into a predetermined number of clusters k .

The algorithm stops when the cluster boundaries and centroid locations do not stop changing from iteration to iteration, i.e., at each iteration, each cluster will contain the same set of observations. In practice, the algorithm usually finds a set of stable clusters in several dozen iterations.

The window for demonstrating result of method is shown in Fig. 1.

Visual analysis of the data shows the highest number of ring failures (marked 1 in Fig. 1) at low temperatures, i.e. below 54 degrees Fahrenheit (12 degrees Celsius). Thus, it can be concluded that low air temperatures significantly affected the elasticity of the fuel tank rings.

The performed analysis of the use of regression modeling to predict the probability of failure of the space shuttle Challenger sealing rings emphasizes the high efficiency of this method for predicting potential emergency situations. During the research, tools such as Data Table, Distributions, Logistic Regression, and Test and Score were used, which allowed to systematically analyze the provided data.

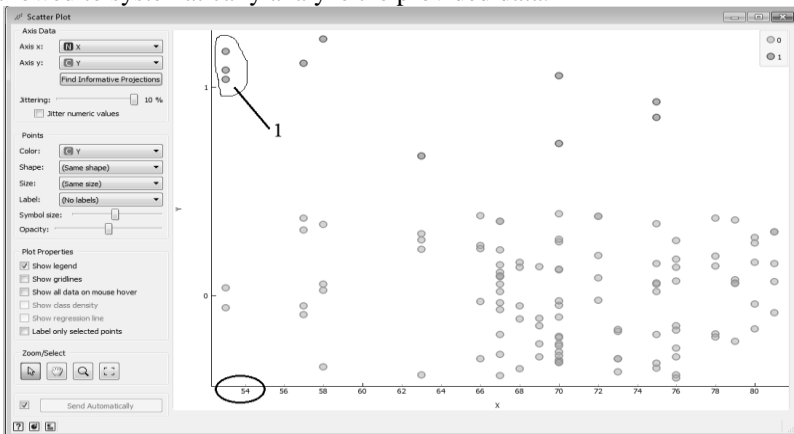


Figure 1. The result of the data classifier analysis method

The application of regression analysis in aerospace programs can serve as an important tool for reducing risks, increasing the level of safety of space missions, and contributing to the development of national and international space initiatives [4, 5].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1] Shuttle_Challenger_disaster, 2024.
URL: //https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Challenger_disaster.
- [2] Mikhaylenko, V. S., Kharchenko, R. Y., & Shcherbinin, V. A. (2020). Analysis of the Predicting Neural Network Person Recognition System by Picture Image. *Automatic Control and Computer Sciences*, 54(3),249–258. doi:10.3103/s0146411620030037.
- [3] Using Neural Network Technologies to Simulate the Working Processes of Ship Steam Boilers Mikhailenko, V.S., Kharchenko, R.Yu., Shcherbinin, V.A., Leshchenko, V.V. CEUR Workshop Proceedingsthis link is disabled, urn:nbn:de:0074-3126-7, 2021, 3126, pp. 367–373.
- [4] Kharchenko, R. Yu., Kochetkov, A. V., & Mikhaylenko, V. S. (2022). Analysis of methods for automated research of dc voltage converters of modular structure. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 3, 7. doi.org/10.15588/1607-3274-2022-3-1.
- [5] Kharchenko, R. Yu., Mykhailenko, V. S., & Kochetkov, A. V. (2023). Development of a Neuro-Fuzzy Intelligent Network for Monitoring and Control of Microclimate Systems. *Automatic Control and Computer Sciences*, 57(1), 27–36. https://doi.org/10.3103/s0146411623010066.

UDC 004.048

**ASTRONOMICAL DATA MINING OF THE PRIMARY ORBITS OF
THE SOLAR SYSTEM OBJECTS USING THE COLITEC
SOFTWARE AND THE VÄISÄLÄ METHOD**

Ph.D. V. Troianskyi^{1[0000-0002-5899-2300]}, **Dr.Sci. O.Bazyey**^{2[0000-0001-6886-4575]},
Ph.D. H. Okhotko^{3[0009-0002-1403-4298]}, **Ph.D. S. Khlamov**^{4[0000-0001-9434-1081]},
^{1,2,3} *Odesa I. I. Mechnykov National University, Ukraine*
⁴ *Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine*
*EMAIL:*¹*v.troianskyi@onu.edu.ua,* ²*o.bazyey@onu.edu.ua,*
³*hannaokhotko@gmail.com,* ⁴*sergii.khlamov@gmail.com*

**АСТРОНОМІЧНИЙ МАЙНІНГ ПЕРВИННИХ ОРБИТ ОБ'ЄКТІВ
СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ COLITEC ТА МЕТОДУ VÄISÄLÄ**

Ph.D. В. Троянський¹, **Dr.Sci. О.Базей**², **Ph.D. Г. Охотько**³,
Ph.D. С.Хламов⁴
^{1,2,3}*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна*
⁴*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Abstract. *The article is devoted to the realization of the data mining approach related to the primary orbits and discovery of the new Solar System objects. The developed algorithm is implemented as a processing pipeline that includes a combination of the CoLiTec software and created tool with encapsulation of the Väisälä method. The created processing pipeline for data mining of the primary orbits and discovery of the new Solar System objects using the CoLiTec software and classical Väisälä method is practically verified. Using it a few new asteroids are first reported and a few lost small bodies of the Solar System are found in the Kyiv comet station and the Odesa - Mayaky observatory.*

Keywords: *data mining, processing pipeline, Väisälä method, CoLiTec software, image processing.*

Анотація. *Стаття присвячена реалізації підходу інтелектуального аналізу даних, пов'язаного з первинними орбітами та відкриттям нових об'єктів Сонячної системи. Розроблений алгоритм реалізовано як конвеєр обробки, який включає в себе комбінацію програмного забезпечення CoLiTec і створеного інструменту з інкапсуляцією методу Väisälä. Практично перевірено створений конвеєр обробки даних первинних орбіт і відкриття нових об'єктів Сонячної системи за допомогою програмного забезпечення CoLiTec і класичного методу Вяйсяля. З його допомогою вперше повідомляється про кілька нових астероїдів і знайдено кілька втрачених малих тіл Сонячної системи на Київській кометній станції та в обсерваторії Одеса – Маяки.*

Ключові слова: *аналіз даних, конвеєр обробки, метод Вяйсяля, програмне забезпечення CoLiTec, обробка зображень.*

The asteroid-comet hazard is a big potential problem in the XXI century. It leads to the developing astronomical scientific direction like a machine vision [1]. A common goal of all scientific and technological algorithms is to automate as much as available processes without any human actions. In general cases it can be done by the different astronomical scientific processing pipelines. In these pipelines the various data mining [2] and knowledge discovery in databases (KDD) tasks are used for speeding up and optimizing the astronomical data processing.

The literature review showed the benefits and disadvantages of the existing methods and algorithms. So, we made a decision to improve such algorithms for the better accuracy and quality of detection of the new or lost Solar System objects (SSOs).

The first step of the developed computational algorithm is to perform the observations and the standard data reduction. It was performed in scope of

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

the common mathematical methods for the astronomical image processing and numeric analysis implemented in the CoLiTec software [3]. It contains the inverse median filter, astronomical calibration with usage of the master-frames, typical shape formation, detection of the astronomical objects and its trajectories in series of frames and others features.

After that the especial parameters of the object's orbit (right ascension and declination) are calculated at the certain time. When we receive at least two observations of the same object under study at different moments, the classic Väisälä algorithm can be applied. For this, the primary orbit from the two nearest observations is calculated.

Then the geocentric rectangular coordinates and the appropriate geocentric velocity components are computed. This give us an opportunity for determining the Keplerian elements of orbit of the investigated object at any time we are interested in.

At the same time the developed algorithm can improve the conditional expectation of the correct discovery of the real SSOs. The Väisälä algorithm is a very useful algorithm when used in the different situations. Its importance becomes noticeable with the particularly short observation arcs, which are insufficient to confirm an exact orbit and predict a position of the investigated small astronomical SSOs during the next week.

The created algorithm is implemented as a processing pipeline that contains a cooperation between the CoLiTec software pipeline and a special implemented plugin based on the general Väisälä algorithm [4]. Such a plugin is realized as a console application based on the programming language Delphi.

With help of the developed processing pipeline, the several new SSOs (Main-belt asteroid 2017 AB8 (2014 OD380), Mars-crossing asteroid 2017 QX33, Main-belt asteroid 2017 RV12) were firstly discovered and some of the lost SSOs (2012 FN61 = 2010 VP219, 2017 AB8 = 2014 OD380, 2007 HU101 = 2015 CX48 = 2017 ST39, 2000 WN134 = 2007 XY37 = 2010 RD162 = 2015 DH168 = 2017 TS7) were found again during the astronomical observations at the Kyiv comet station and the Odesa-Mayaky observatory [5].

References

[1]. Khlamov S., et al., Machine vision for astronomical images using the modern image processing algorithms implemented in the CoLiTec software. Measurements

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

and Instrumentation for Machine Vision, Chapter 12: CRC Press, pp. 269–310. (2024). doi: 10.1201/9781003343783-12.

[2]. Khlamov S., et al., Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. CEUR Workshop Proceedings, vol. 3171, pp. 1043–1055. (2022).

[3]. Khlamov S., and Savanevych V., Big astronomical datasets and discovery of new celestial bodies in the Solar System in automated mode by the CoLiTec software. Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, Astrogeoinformatics: Elsevier, pp. 331–345. (2020). doi: 10.1016/B978-0-12-819154-5.00030-8.

[4]. Troianskyi V., et al., Optical observations of the potentially hazardous asteroid (4660) Nereus at opposition 2021. Icarus, vol. 420, 116146. (2024). doi: 10.1016/j.icarus.2024.116146.

[5]. Troianskyi V., et al., First reported observation of asteroids 2017 AB8, 2017 QX33, and 2017 RV12. Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, vol. 53, pp. 5–15. (2023). doi: 10.31577/caosp.2023.53.2.5.

UDC 004.048

**INDOOR SPATIAL COGNITION OF THE HEARING/VISUALLY
IMPAIRED: PENTEST-INSPIRED WIFI HEATMAP ON ANDROID
PLATFORM**

Ph.D., D.Zubov^{1[0000-0002-5601-7827]}, **Dr.Sci. A.Kupin**^{2[0000-0001-7569-1721]},
N.Shaidullaev^{3[0009-0003-5165-897X]}

^{1,3}University of Central Asia, Kyrgyz Republic.,

²Kryvyi Rih National University, Ukraine

EMAIL: ¹dzubov@ieee.org, kupin@knu.edu.ua,

³nurlan.shaidullaev@ucentralasia.org

**ПРОСТОРОВЕ ПІЗНАННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ ЛЮДЬМИ З
ПОВАЖДЕННЯМИ СЛУХУ/ЗОРУ: ТЕПЛОВА КАРТА WIFI НА
ПЛАТФОРМІ ANDROID ЗА ПЕНТЕСТОМ**

Ph.D. Д.Зубов¹, **Dr.Sci. А.Купін**², **Н.Шайдудллаєв**³
^{1,3} Університет Центральної Азії, Киргизька Республіка,
²Криворізький національний університет, Україна

Abstract. The main advantage of the developed assistive system is that no additional equipment is required to be installed since up-to-date Android smartphones can scan WiFi networks and identify BSSIDs employing passive reconnaissance techniques (a Java Android class WifiManager in this project).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Keywords: developed assistive, WiFi networks

Анотація. Основна перевага розробленої допоміжної системи полягає в тому, що не потрібно встановлювати додаткове обладнання, оскільки сучасні Android-смартфони можуть сканувати мережі WiFi та ідентифікувати BSSID за допомогою пасивних методів розвідки (WifiManager класу Java Android у цьому проекті).

Ключові слова: розроблені допоміжні мережі, мережі WiFi

The World Health Organization reported that over 2.2 billion and 430 million people worldwide have vision impairment and disabling hearing loss, respectively [1, 2]. Nowadays, indoor spatial cognition remains challenging for the hearing and visually impaired (HVI) because traditional solutions like guide dogs, white canes, and outdoor global navigation systems, such as BDS WeChat and Google Maps, are not functional inside unfamiliar spaces. This study addresses an important social problem of the indoor spatial cognition of HVIs. Passive reconnaissance with a WiFi heatmap as the main outcome is the distinctive feature and advantage of the proposed approach inspired by the pentest ethical hacking methods. Two Java Android applications have been developed: one for the reconnaissance of the local area network and another for the HVI localization indoors. The academic building of the University of Central Asia (Naryn campus, Kyrgyz Republic) has been used as an experimental testbed. The final product is an Android .apk file, which can be shared via Google Play Store, university website, and/or direct copying. It is designed to run on approximately 81 % of Android devices as of June 2024. The project's contribution jointly includes the following:

1. Affordability: the software was developed in the Android Studio 4.0 [3] free of charge, and it is planned to be shared without any cost.
2. User-friendly interface: textual and photo information is shown to the hearing impaired, and the audio is played to the visually impaired.
3. No additional equipment is required in this project since up-to-date Android smartphones can scan (using active or passive reconnaissance techniques) and identify parameters of WiFi networks. The Android platform is widely used: market share is approximately 71 % worldwide as of June 2024.
4. Experimental results showed an accuracy of 100 % for indoor localization at the academic building of the University of Central Asia.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

5. The company's (University of Central Asia in this study) assistance: improve positioning as an advanced and innovative organization.

The general architecture of an assistive system for the HVI indoor spatial cognition based on the mobile application, the passive reconnaissance, and the analysis of previous studies is shown in Figure 1. The backend of the project, i.e., the database with Basic Service Set Identifiers (BSSIDs) and indoor locations, can be implemented as a part of the mobile application or using a Backend-as-a-Service app development platform like Google Firebase with a cloud-hosted NoSQL Realtime Database. In the current version, the first approach is employed since the network administrator can change the Media Access Control address of the WiFi interface to the required one. The mobile application uses the database and the BSSIDs inside a building to identify the location and provide the textual/visual/audio information to HVI.

The main advantage of the developed assistive system is that no additional equipment is required to be installed since up-to-date Android smartphones can scan WiFi networks and identify BSSIDs employing passive reconnaissance techniques (a Java Android class WifiManager in this project).

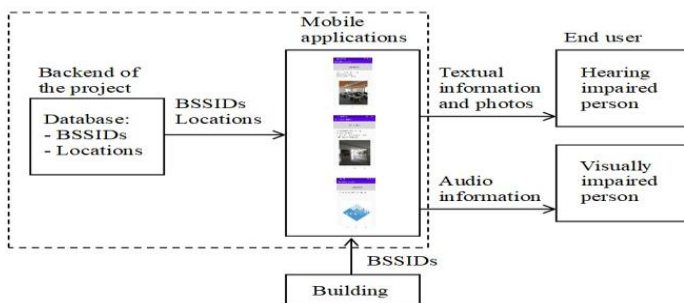


Figure 1. General architecture of the assistive system for the HVI indoor spatial cognition

References

[1]. WHO, Blindness and vision impairment, 2023. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2]. WHO, Deafness and hearing loss, 2024. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

[3]. Zubov, D., Aljarbouh, A., Kupin, A., Shaidullaev, N. Spatial cognition by the visually impaired: image processing with SIFT/BRISK-like detector and two-keypoint descriptor on Android CameraX. *Machine Learning in Medical Imaging and Computer Vision*, chap. 12. 2023. P. 249-276.

UDC 004.048

**COMPARATIVE EVALUATION OF CLASSIFICATION METHODS
FOR SATELLITE IMAGES**

Ph.D. V. Kashtan^{1[0000-0002-0395-5895]}, **D. Chumychov**^{2[0009-0005-2729-0735]},
Dr.Sci. V. Olevskiy^{3[0000-0003-3824-1013]}, **Dr.Sci. S. Nikulin**^{4[0000-0003-1795-3599]}

Dnipro University of Technology, Ukraine

EMAIL: ¹kashtan.v.yu@nmu.one, ²chumychov.D.D@nmu.one,

³olevskiy.v.i@nmu.one, ⁴nikulin.s.l@nmu.one

**ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДІВ КЛАСИФІКАЦІЇ
СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

**Ph.D. В. Каштан, Д. Чумичов, Dr.Sci. В. Олевський,
Dr.Sci. С. Нікулін**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

Abstract. *The efficiency of algorithms for classifying high-resolution optical satellite images, support vector machines, and neural networks is investigated. WorldView-3 satellite images were used for the analysis, and the classification accuracy was assessed using the error matrix. The results showed that support vector machine and neural network methods provide the highest accuracy for a given set of satellite images.*

Keywords: *High resolution optical satellite images, geoinformation systems, classification.*

Анотація. *Досліджено ефективність алгоритмів класифікації оптичних супутникових знімків високої роздільної здатності, зокрема методів опорних векторів і нейронних мереж. Для аналізу використано знімки супутника WorldView-3, а точність класифікації оцінювалася за допомогою матриці помилок. Результати показали, що методи машин опорних векторів та нейронних мереж забезпечують найвищу точність для даного набору супутникових зображень.*

Ключові слова: *оптичні супутникові зображення високої роздільної здатності, геоінформаційні системи, класифікація.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

In today's world, high-resolution optical satellite images offer detailed insights into the Earth's surface [1], essential for precise analysis and informed decision-making [2-4]. The importance of studying classification methods for these images [5] arises from the growing need for accuracy and speed in data processing.

Currently, numerous algorithms are available for classifying high-resolution optical satellite images, making it a significant challenge for researchers to select the most suitable one for specific tasks. Among the many criteria for selection, classification accuracy stands out as one of the most crucial. The following algorithms were analyzed: parallelepiped, minimum distance, mahalanobis distance, maximum likelihood, spectral angle mapper, spectral information divergence, binary coding, neural network, decision tree, random forest, support vector machine, K-nearest neighbor, and spectral correlation mapper. The experiments utilize high-resolution satellite images from the WorldView-3 satellite.

Supervised classification uses predefined input or training data to classify satellite images. This process involves defining the class types for classification and selecting representative areas, which are color-coded to indicate the respective classes on the image. The identified classes for the image are Buildings, Roads, Land plots, Trees, and Pools.

To evaluate classification quality, establish clear metrics and compare the classified images with reference images. Compare using a confusion matrix where rows and columns show pixel colors from the classified and reference images. To determine the best classification method, we compare the average values along the main diagonal of the confusion matrix across different methods implemented in various software products, using the average value of all the major diagonal values calculated as:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^N c_i}{N}, \quad (1)$$

where N is the number of classes; i is the variable, $i=1...N$; c_i is the accuracy of the i -th class.

Calculations indicate that the Support Vector Machine (78.53-81.42%) and Neural Network Classification (81.28%) are the most accurate algorithms in ENVI. The Support Vector Machine (81.32%) is also the top-performing classification algorithm in ArcGIS. In contrast, the Maximum Likelihood algorithm (76.28%) ranks highest among the ERDAS IMAGINE

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

algorithms. Neural Network and Support Vector Machine algorithms performed better than other methods. They accurately classified diverse features in high-resolution satellite images. These algorithms excelled in capturing detailed spectral and spatial information, significantly improving classification accuracy across various classes such as buildings, roads, land plots, trees, and pools. Average values give a general idea of performance across all classes. However, the best algorithm may vary for different classes. It highlights the need to choose algorithms tailored to specific classification tasks.

References

- [1]. R. Gaetano, D. Cozzolino, L. D'Amiano, L. Verdoliva, G. Poggi. "Fusion of sar-optical data for land cover monitoring." 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (2017): 5470–5473. doi: 10.1109/IGARSS.2017.8128242.
- [2]. V. Hnatushenko, Y. Shedlovska, I. Shedlovsky, Processing Technology of Thematic Identification and Classification of Objects in the Multispectral Remote Sensing Imagery, volume 149 of Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, Springer, Cham, 2022. doi: 10.1007/978-3-031-16203-9_24.
- [3] R. Bierbaum, S. A. Leonard, D. Rejeski, C. Whaley, R. O. Barra, C. Libre, Novel entities and technologies: Environmental benefits and risks, Environmental Science & Policy 105 (2020) 134–143. doi: 10.1016/j.envsci.2019.11.002.
- [4] Y. I. Shedlovska, V. V. Hnatushenko. "A Very High Resolution Satellite Imagery Classification Algorithm." 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) (2018): 654–657. doi: 10.1109/ELNANO.2018.8477447.
- [5] M. Mehmood, A. Shahzad, B. Zafar, A. Shabbir, N. Ali, Remote sensing image classification: A comprehensive review and applications, Mathematical Problems in Engineering 2022.1 (2022) 5880959. doi: 10.1155/2022/5880959.

UDC 004.8

**OPTIMIZING OBJECT DETECTION PERFORMANCE THROUGH
IMAGE ENHANCEMENT FOR BEE IMAGES**

O. Zhukov^{1[0009-0004-3683-2527]}, **V. Horbenko**^{2[0000-0002-3342-4841]},
Dr.Sci. G. Shilo^{3[0000-0002-5020-6707]}

Zaporizhzhia National University, Ukraine

EMAIL: ¹oleksanrei@gmail.com, ²vgorbenko@ukr.net, ³shilo.gn@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ШЛЯХОМ ПОКРАЩЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗОБРАЖЕНЬ ВЕЕ

О. Жуков, В.Горбенко, Dr.Sci. Г. Шило

Запорізький національний університет, Україна

Abstract. *This work investigates the impact of using image enhancement techniques on the performance of object detection models for bee images. Special attention is paid to the influence of image enhancement techniques to the object detection model's performance on bee images.*

Keywords: *neural networks, clahe, tensorflow, bee hive, histogram equalization*

Анотація. *У цій роботі розглядається вплив засобів для покращення зображень на роботу моделі ідентифікації об'єктів у задачі ідентифікації бджіл. Особливу увагу приділено впливу роботи алгоритмів покращення зображень на зіпсованих зображеннях на роботу навчених моделей ідентифікації бджіл на зображенні.*

Ключові слова: *нейронні мережі, clahe, tensorflow, бджолиний вулик, вирівнювання гістограми.*

In recent years, the study of bee populations has become especially relevant in connection with their role in pollination of crops and ensuring biodiversity [1]. Neural networks and deep learning, being one of the technologies in which interest is growing every day, have found practical applications such as bee monitoring.

One of the problems that arises from the task of monitoring bees using photo and video feed is the variability of technical means and different visual data depending on the weather and time of day. Therefore, image enhancement can be an important pre-processing step for optimizing object detection algorithms.

This study uses a variety of image enhancement and color normalization techniques to improve the performance of the SSD MobileNet model from the Tensorflow 2 Detection Model Zoo open repository [2] in detecting bee full bodies in images.

To solve the problem, two image normalization methods were considered in the study: the histogram equalization algorithm [3] and the adaptive histogram equalization algorithm (CLAHE) [4].

The SSD MobileNet model was trained on a manually annotated dataset of bee photographs, and a set with varied brightness and contrast was created on its basis.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The results of trained model testing on the data set with modified images of bees are shown in Table 1. To compare the results of the model, the F1 metric was used, which includes both information about the model's precision and recall.

Table 1. “Corrupt” dataset performance results

	Identified, %	F1
Original	83.1%	0.799
Histogram Equalization	79.1%	0.721
CLAHE	78.8%	0.845

The results of this study show that the use of HE and CLAHE algorithms did not improve the accuracy of the object detection on the baseline image set. Another important finding is that the use of the CLAHE algorithm can lead to more stable results under different lighting conditions and variations in image coloring.

References

- [1]. A.-M. Klein et al., “Importance of pollinators in changing landscapes for world crops,” Proc. R. Soc. B., vol. 274, no. 1608, pp. 303–313, Feb. 2007, doi: 10.1098/rspb.2006.3721.
- [2]. TensorFlow 2 Detection Model Zoo https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf2_detection_zoo.md
- [3]. The Image Processing Handbook / Russ J. et al. CRC Press, 2002. p. 211.
- [4]. K. Zuiderveld, “Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization,” in Graphics Gems, Elsevier, 1994, pp. 474–485. doi: 10.1016/B978-0-12-336156-1.50061-6.

UDC 004.85

HYPERPARAMETER TUNING IN THE LEARNING OF MULTITHRESHOLD NEURONS

Ph.D. V.Kotsovsky^{1[0000-0002-7045-7933]}, **T. Lisovska**^{2[0009-0002-3620-7719]}

Uzhhorod National University, Ukraine

EMAIL: ¹kotsavlad@gmail.com, ²kotsavlad@gmail.com

ГІПЕРПАРАМЕТРНА НАСТРОЙКА В НАВЧАННІ
БАГАТОПОРОГОВИХ НЕЙРОНІВ

Ph.D. В. Коцовський, Т. Лісовська

Ужгородський національний університет, Україна

Abstract. *The modification of the online learning algorithm for multi-valued multithreshold neurons is proposed in the paper. Conditions are stated and proved that ensure the finite successful learning. The influence of the algorithm hyperparameters on the learning process is analyzed on the base of simulation results. The recommendations are formulated concerning the choice of values of these hyperparameters, which may significantly reduce the learning time.*

Keywords: *Multithreshold neural unit, classification, machine learning.*

Анотація. *У статті запропоновано модифікацію алгоритму онлайн-навчання багатозначних багатопорогових нейронів. Сформульовано та доведено умови, що забезпечують кінцеве успішне навчання. На основі результатів моделювання проаналізовано вплив гіперпараметрів алгоритму на процес навчання. Сформульовано рекомендації щодо вибору значень цих гіперпараметрів, які можуть значно скоротити час навчання.*

Ключові слова: *багатопорогова нейронна одиниця, класифікація, машинне навчання.*

Multithreshold approach was proposed in the early studies in threshold logic [1]. This approach was used in [2, 3] in the design of binary and multiclass classifiers based on of bithreshold neural network (NN).

The current research is devoted to the study of the one kind of multithreshold neural models—the multi-valued multithreshold neural unit [4]. These units are suitable for multiclass classification, by slicing real vector space using tuple of parallel hyperplanes.

The goal of the research is the design of the learning algorithm for such multithreshold units and the investigation what values of algorithm hyperparameters would be used in order to speed-up the training process and improve the capacity of resulting neuron.

Consider a model of multithreshold neuron [4, 5]. It is a computation unit provided with weight vector $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_n) \in \mathbf{R}^n$ and ordered threshold vector $\mathbf{t} = (t_1, \dots, t_k) \in \mathbf{R}^k$. The unit output is denoted by y and is defined in the following way:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{if } \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} < t_1, \\ j, & \text{if } t_j \leq \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} < t_{j+1}, \quad (j=1,2,\dots,k-1), \\ k, & \text{if } t_k \leq \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}, \end{cases}$$

where $\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}$ denotes the inner products of \mathbf{w} and the input vector \mathbf{x} .

The pair (\mathbf{w}, \mathbf{t}) completely defines the multi-valued multithreshold neuron and will be used as the short name for “multi-valued multithreshold neuron with weight vector \mathbf{w} and threshold vector \mathbf{t} ”.

We can use the neural unit describing by above equation as a single output node of NN classifier in the case when the number of classes is greater by 1 than the number of thresholds.

Let A be an arbitrary set of patterns in n -dimensional real space. Every multi-valued k -threshold neuron (\mathbf{w}, \mathbf{t}) induces the ordered partition (A_0, A_1, \dots, A_k) of the set A , where the set A_i contains all elements of the set A such that $t_i \leq \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} < t_{i+1}$, $(i=0, \dots, k)$. Note that two additional pseudo-thresholds $t_0 = -\infty$ and $t_{k+1} = +\infty$ were used in the previous equation for convenience. This partition is called an ordered k -threshold partition of the set A by strongly k -separable sets A_0, A_1, \dots, A_k . Notice that the order matters for such partitions.

Consider the search for a multi-valued k -threshold neuron (\mathbf{w}, \mathbf{t}) that performs the desired ordered partition (A_0, A_1, \dots, A_k) of the finite set A . We can consider the elements of the set A as members of our training set. Consider the online-version of the learning algorithm for a multi-valued k -threshold neural unit. The pseudocode of this algorithm is shown below:

ShiftedMultithreshold $(A_0, A_1, \dots, A_k, r, \sigma, \mathbf{v}^0, \eta, d)$

```

1   $B \leftarrow \text{NormalizedSet}(A_0, A_1, \dots, A_k)$ 
2   $\mathbf{v} \leftarrow \mathbf{v}^0$ 
3   $(i, j, err) \leftarrow (0, 0, 1)$ 
4  while  $i < r$  and  $err > 0$ :
5      $err \leftarrow 0$ 
6     shuffle  $B$ 
7     for  $\mathbf{b}$  in  $B$ :
```

```

8            $s \leftarrow \mathbf{b} \cdot \mathbf{v}$ 
9           if  $s > 0$ :
10              continue
11            $j \leftarrow j + 1$ 
12            $err \leftarrow err + 1$ 
13            $\mathbf{v} \leftarrow \mathbf{v} + \eta(j)(d - \sigma s)\mathbf{b}$ 
14            $i \leftarrow i + 1$ 
15            $\mathbf{w} \leftarrow (v_1, \dots, v_n)$ 
16            $\mathbf{t} \leftarrow (-v_{n+1}, \dots, -v_{n+k})$ 
17           return  $\mathbf{w}, \mathbf{t}$ 

```

This algorithm uses preprocessing routine NormalizedSet from [5].

Let us consider theoretical foundation of the above algorithm ensuring its convergence and even finiteness of the learning process.

Proposition. If finite sets A_0, A_1, \dots, A_k are strongly k -separable,

$$\eta(j) = \eta_1(j) + \frac{\eta_2(j)}{d + |\mathbf{b}^j \cdot \mathbf{v}^{j-1}|}$$

where \mathbf{b}^j is a train vector used in j th correction, \mathbf{v}^{j-1} is the value of sought vector \mathbf{v} after previous correction and

$$0 \leq \eta_1(j) \leq 2, \quad 0 \leq \eta_2(j) \leq \eta_{\max}, \quad \eta_1(j) + \eta_2(j) \geq \eta_{\min}$$

where η_{\min} and η_{\max} are arbitrary positive constants, then there exists r such that after at most r corrections ShiftedMultithreshold yields a multi-valued k -threshold, which produces the partition (A_0, A_1, \dots, A_k) .

The influence of the algorithm hyperparameters on the behavior of the learning algorithm has been studied during simulation.

The suggestions were stated concerning the preferred values of hyperparameters, which provided better performance during experiments on synthetic datasets: $\sigma = 1$, $\mathbf{v}^0 = (\mathbf{b}_1 + \dots + \mathbf{b}_m) / m$, where $m = |B|$, constant learning rate η , where $1.93 < \eta < 2.05$.

Despite the fact that quantitative characteristics of the improvement from are not absolute and may vary, the content and the size of a dataset as well

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

as other factors, proposed recommendation could be useful for ML projects, which use NNs employing multi-valued multithreshold neurons.

References

- [1] Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2009.
- [2] Jiang N., Yang Y. X., Ma X. M., Zhang Z. Z. Using three layer neural network to compute multi-valued functions. 2007 Fourth International Symposium on Neural Networks, June 3-7, 2007, Nanjing, P.R. China, Part III. LNCS, vol. 4493, 2007. P. 1-8.
- [3] Kotsovsky V., Batyuk A. Feed-forward neural network classifiers with bithreshold-like activations. Proceedings of IEEE 17th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2022. Lviv, Ukraine, 2022. P. 9–12.
- [4] Kotsovsky V. Learning of multi-valued multithreshold neural units. CEUR Workshop Proceedings, 2024. Vol. 3688. P. 39–49.
- [5] V. Kotsovsky, A. Batyuk, Multithreshold neural units and networks. Proceedings of IEEE 18th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2023. Lviv, Ukraine, 2023. P. 1-5.

UDC 004.8

**TEXT-TO-IMAGE GENERATION MODEL USING MACHINE
LEARNING METHODS**

Y. Shcherbyna^{1[0009-0002-0150-3091]}, **Ph.D. I. Shpinareva**^{2[0000-0001-9208-4923]}

Odesa I.I. Mechnikov National University

EMAIL: ¹shcherbinag2001@gmail.com, ²ishpinareva@gmail.com

**МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТУ В ЗОБРАЖЕННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

Є.Щербина, Ph.D. І.Шпінарева

Odesa I.I. Національний університет імені Мечникова

***Анотація.** У роботі розглядаються сучасні моделі генерації тексту в зображення та варіанти модифікації моделі DALL-E-2. Окрему увагу приділено моделям CLIP та BERT для обробки текстових даних, а також для покращення зображення використані моделі GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion та EDSR.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Ключові слова: моделі генерації тексту в зображення, DALL-E-2, CLIP, BERT, GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion, EDSR.

Abstract. *This work examines modern models of text-to-image generation and modifications of the DALL-E-2 model. Special attention is paid to CLIP and BERT models for text data processing, as well as GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion and EDSR models are used to improve the image.*

Keywords: *text-to-image generation model, DALL-E-2, CLIP, BERT, GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion, EDSR.*

Генерація зображень за описом активно використовується художниками, дизайнерами, маркетологами та іншими митцями для експериментів у своїх роботах завдяки досягненням у галузі обробки природної мови та комп'ютерного зору. За допомогою генерації тексту в зображення створюють синтетичні датасети для машинного навчання в сфері комп'ютерного зору, що значно покращує роботу більшості алгоритмів, пов'язаних з обробкою зображень [1]. Наразі існують різні методи, моделі та архітектури, які непогано виконують поставлені задачі. Серед таких моделей варто відзначити DALL-E-2, DALL-E-3, Midjourney, Stable Diffusion та Imagen. Існуючі рішення мають такі проблеми: недостатня якість згенерованих зображень; повільна швидкість генерації зображень [2]. Метою роботи є підвищення ефективності генерації зображень за описом шляхом модифікації моделі генерації зображень DALL-E-2. Під ефективністю розуміється покращення якості та швидкості виконання алгоритмів генерації зображення DALL-E-2 складається з трьох частин: CLIP, Diffusion Prior, Decoder [3]. У роботі запропоновані наступні пропозиції модифікації моделі генерації зображень за описом.

1) Модифікація обробки вхідних даних моделі Prior.

Prior отримує на вхід текстові токени, згенерованими за допомогою CLIP токенизатора, які потім трансформує відповідно до налаштувань моделі. Для модифікації обробки текстових даних запропоновано використовувати модель BERT, яка теж слугує для формування текстових токенів. Однак, Prior може не зрозуміти контекст деяких токенів, оскільки словники у BERT та CLIP відрізняються, але це можливість змішувати отримані кодування з BERT та CLIP.

2) Модифікація обробки вхідних даних моделі Decoder.

Декодер отримує на вхід кодування зображення з Prior та текстові кодування CLIP із маскою для генерації. Також можна

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

використовувати BERT для заміни текстових кодувань CLIP або для змішування текстових кодувань або кодувань зображень для Decoder.

3) Технологія покращення згенерованого зображення.

Згенеровані зображення мають розмірність 64x64 пікселів та зазвичай містять доволі багато шумів, розмиття та спотворених деталей. Тому зображення слід додатково обробити для видалення дефектів та збільшення дискретезації. Для цього використані моделі: GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion, EDSR. Розроблена архітектура системи має структуру DALL-E-2 до якої додаються блоки змішування кодувань, а також ланцюг покращення зображення, які можуть бути застосовані одна за одною, або вибірково в рамках визначеної послідовності (рис.1).

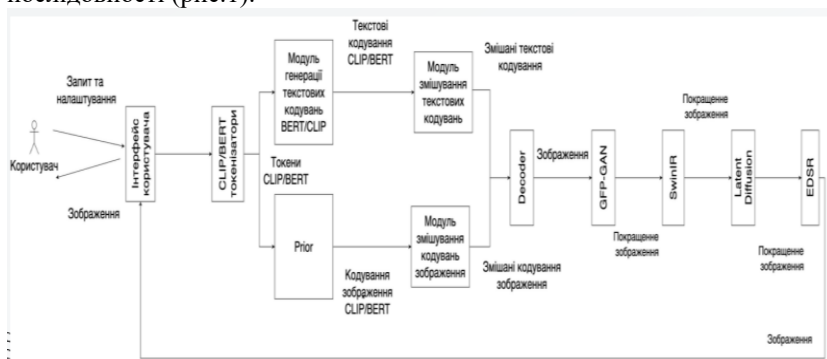


Рисунок 1. Архітектура системи

В роботі проведені тестування згенерованих зображень за описом за метриками, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати тестування зображень за метриками

Конфігурація	CLIP Score	Inception Score	Час генерації (сек.)
Кодування зображень з CLIP + текстові кодування з CLIP	22.78	1.003	229
Кодування зображень з BERT + текстові кодування з BERT	22.95	1.001	227
Кодування зображень з BERT + текстові кодування з CLIP	22.92	1.003	227
Кодування зображень з CLIP +	22.84	1.000	230

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

текстові кодування з BERT			
Кодування зображень з CLIP + Змішані текстові кодування	22.83	1.000	237

За результатами тестувань виявлено, що BERT може бути використаний для внесення різноманіття до зображення, але без CLIP в нього немає шансів згенерувати правильне зображення за описом. Однак, BERT є потенційно привабливою моделлю для генерації тексту в зображення, але для цього потрібно перенавчити або тонко налаштувати DALL-E-2 під роботу із BERT.

Також виявилось, що комбінований ланцюжок зображень GFP-GAN, SwinIR, Latent Diffusion, EDSR може кардинально покращити зображення і є вкрай необхідним в таких моделях.

Література

[1]. Shcherbyna Ye., Ph.D. Shpinareva I. Image generation from description using deep machine learning. Materials of the XI International Scientific-Practical Conference «Information Control Systems and Technologies» (ICST, Odesa, 2023). 21th – 23th September, 2023. P.131–133.

[2]. Щербина Є. Д., Шпінарева І. М. Генерація зображення за описом за допомогою глибокого навчання /Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей двадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Оdesa, 28 квітня 2023 р. Оdesa, 2023. С.107–109

UDC 004.93

LAMA NETWORK ARCHITECTURE SEARCH FOR IMAGE INPAINTING

D. Kolodochka^{1[0009-0006-3329-1504]}, **Dr.Sci. M. Polyakova**^{2[0000-0001-7229-7657]},
Ph.D. O. Nesteriuk^{3[0000-0002-0806-8259]}, **Ph.D. V. Makarichev**^{4[0000-0003-1481-9132]}

^{1,2,3} Odesa Polytechnic National University, Ukraine

⁴ National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Ukraine

EMAIL: ¹dmitrytdr@gmail.com, ²marinapolyakova943@gmail.com,

³nesteryuk@op.edu.ua, ⁴v.makarichev@khai.edu

ПОШУК АРХІТЕКТУРИ МЕРЕЖІ LAMA ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Д. Колодочка¹, Dr.Sci. М. Полякова¹, Ph.D. О. Нестерюк¹, Ph.D. В.
Макарічев²

¹Національний університет «Одеська політехніка», Україна

²Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ»,
Україна

Abstract. *LaMa network-based neural architecture search is applied to improve image inpainting performance using wavelet transform. The selection of the spectral transform network unit, the performance evaluation strategy of the neural network architecture, and the software implementing the neural architecture search for image inpainting, developed on the basis of the LaMa network, are considered. The dependence of the quality of the generation of details and edges of image objects on the properties of the image texture, which can be described by texture descriptors, has been revealed and researched.*

Keywords: *image inpainting, neural architecture search, wavelet transform, LaMa network*

Анотація. *Застосовано пошук нейронної архітектури на основі мережі LaMa для покращення продуктивності відтворення зображень за допомогою вейвлет-перетворення. Розглянуто обрання блоку спектрального перетворення мережі, стратегії оцінки продуктивності архітектури нейронної мережі та програмне забезпечення, що реалізує пошук нейронної архітектури для відтворення зображень, розробленого на основі мережі LaMa. Виявлено та досліджено залежність якості генерації деталей і країв об'єктів зображення від властивостей текстури зображення, які можна описати текстурними дескрипторами.*

Ключові слова: *відтворення зображень, пошук нейронної архітектури, вейвлет-перетворення, мережа LaMa*

Recently, a lot of attention has been paid to various methods of image processing [1]. This is due to the development of robotics, artificial intelligence and image processing software packages.

The report examines examples of these methods, their advantages and disadvantages, and their classification.

The report shows that the search for neural architecture allows designing an effective LaMa network architecture with the lowest losses on the training set of images [2]. The formulation of the task of finding such an architecture is given in the report.

The paper analyzes the architecture of deep learning convolutional neural network (CNN). At the same time, the following approaches are considered. The first approach is the embedding of wavelets into CNN layers [3], the advantage of which is to increase the performance of object recognition.

The second approach consists in alternating wavelet transform levels with CNN layers [3], which allows to achieve greater accuracy than existing CNNs in the tasks of classifying textures and image annotations, while having significantly fewer parameters [3].

The third approach is a CNN with wavelet domain inputs [4], which also increases the accuracy of image classification.

As a result of the analysis, it is shown that the use of CNN with wavelet domain inputs and the alternation of wavelet transform levels with CNN layers is the most rational for forming the search space of neural architecture. In order to increase the performance of the LaMa network, a method of searching for a neural architecture for inpainting images is proposed, consisting of eight stages, which is discussed in detail in the report.

The report also considers conducting a computer experiment, the LaMa network architecture search software for which was developed by the authors. Several key libraries were used to implement LaMa-Wavelet v1-4 on Python, in particular, PyTorch, NumPy, saicinpainting, and others. The interface of this development is also described in the report.

The report presents the results of the experimental application of the method of searching for neural architecture. The conducted experiment presents the results of training the LaMa-Fourier and LaMa-Wavelet v1-4 networks using training and testing sets. In addition, the time of inpainting the image and the time of the training epoch were estimated. A comparison is also made with the results obtained earlier [5].

As a result of the analysis of experimental data, it is shown that in the case of large masks, the LaMa-Fourier network better draws images with more random intensity, while the LaMa-Wavelet v4 network better at inpainting images with a large number of halftones and areas with low intensity variation. If the size of the masks is reduced, the ability of both networks to reconstruct images with high detail increases.

However, in the case of a narrow mask, both networks better at inpainting images with areas with low intensity variation.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Thus, new network architectures based on LaMa were designed, which differ in the ratio of image inpainting time and the quality of the reconstructed image. The image inpainting with large masks based on the LaMa network is improved by using wavelet transform.

Prospects for further research consist in reducing the time calculated due to the use of fast transform and predicting the efficiency of the LaMa network depending on the estimated values of image texture descriptors and formulating recommendations on the LaMa networks applications.

References

- [1] H. Xiang, Q. Zou, M. A. Nawaz, X. Huang, F. Zhang, H. Yu, Deep learning for image inpainting: A survey, *Pattern Recognition* 134.109046 (2023). doi: 10.1016/j.patcog.2022.109046.
- [2] D. Kolodochka, M. Polyakova, The research of the quality of filling missing regions of images by methods PatchMatch and LaMa, in: *Proceedings of 5th International Scientific and Practical Conference on Modern Research in World Science*, SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine, 2022, pp. 211–219. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-7-9-08-2022-lviv-ukrayina-arhiv/>.
- [3] S. Fujieda, K. Takayama, T. Hachisuka, Wavelet convolutional neural networks, 2018. doi: 10.48550/arXiv.1805.08620. URL: <https://arxiv.org/abs/1805.08620>.
- [4] L. Wang, Y. Sun, Image classification using convolutional neural network with wavelet domain inputs, *IET Image Processing* 16.8 (2022): 2037–2048. doi: 10.1049/ipr2.12466.
- [5] D. O. Kolodochka, M. V. Polyakova, LaMa-Wavelet: image inpainting with high quality of fine details and object edges, *Radio Electronics, Computer Science, Control* 1 (2024): 208–220. doi: 10.15588/1607-3274-2024-1-19.

UDC 004.93

USE OF DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS FOR HARDWARE AND SOFTWARE VIRTUALIZATION

S. Neronov^{1[0000-0003-2381-1271]}, **Ph.D. G. Pliekhova**^{2[0000-0002-6912-6520]},
Ph.D. M. Kostikova^{3[0000-0001-5197-7389]}

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine
EMAIL: ¹sernikner@gmail.com, ²plehovaanna11@gmail.com, ³kmv_topaz@ukr.net

**ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ
СИСТЕМ ДЛЯ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ
ЗАСОБІВ**

С. Неронов, Ph.D. Г. Плєхова, Ph.D. М. Костікова

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

***Abstract.** The main requirement for the introduction of the latest technologies is to ensure the integrity of the software complex, which ensures the performance of scientific calculations, modeling and processing of experimental data. In this complex, the computer network of the transport organization is a unified software and hardware environment in which software modules are executed in parallel: office applications, Internet software, systems for automating design, modeling and special software complexes. However, after a more thorough analysis of many problems that are solved both in the transport organization and in any industry, it is necessary to make a statement about the large volumes of computer load of the channels, first of all, connections with the Internet.*

***Keywords:** software complex, computer network*

***Анотація.** Основною вимогою впровадження новітніх технологій є забезпечення цілісності програмного комплексу, який забезпечує виконання наукових розрахунків, моделювання та обробку експериментальних даних. У цьому комплексі комп'ютерна мережа транспортної організації являє собою єдине програмно-технічне середовище, в якому паралельно виконуються програмні модулі: офісні додатки, програмне забезпечення Інтернету, системи автоматизації проектування, моделювання та спеціальні програмні комплекси. Однак, після більш ретельного аналізу багатьох проблем, які вирішуються як в організації транспорту, так і в будь-якій галузі, необхідно констатувати великі обсяги комп'ютерного завантаження каналів, в першу чергу, зв'язку з Інтернетом.*

***Ключові слова:** програмний комплекс, комп'ютерна мережа*

Historically, in large cities, the computer networks of any stably existing enterprises, organizations of various profiles were built according to the financing and improvement of the possibilities of purchasing computer equipment. The practice of introducing new technologies preceded scientific and technical substantiation, evaluation of the effectiveness of project solutions and generalization of the results that were achieved.

Gradually, such networks were transformed from simple computing complexes to interconnected systems of the corporate level, which have

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

such computer reserves that provide solutions for current tasks of conversion and presentation of necessary information to users. Consider the conceptual rationale for obtaining additional computer resources for the development of the transport infrastructure of a large city or region due to access to such computer systems. Any computer resources of organizations and enterprises that are developing stably have trends in the development of computer resources. In their computing environment, the ability to coordinate the use of heterogeneous distributed resources relies on GRID technologies, as the simplest implementations of Cloud Computing. They provide opportunities to use various resources: computing, data storage, and communication. It should be noted that the reliability and performance of individual systems may be relatively small, but the user of such a distributed system receives a single reliable and productive platform for computing, gaining access to databases and knowledge, and can also store his data and use various communication technologies. The development of the topology of computer networks practically goes through three levels: Intragrid (internal GRID) → Extragrid (external GRID that unites several organizations) → Intergrid (global systems that unite many organizations, partners, cluster solutions). It is this GRID level that should be responsible for the development of the transport infrastructure of a large city or region. Usually, such unification is coordinated by the GRID system, and the corresponding virtual network allows to technically combine disparate internal networks and clusters into a single information space, which is coordinated by a single GRID technology, which is provided to the user in the form of a single virtual platform. The corresponding topology at the lower level is a separate computing laboratory in which the user applies the virtual computer mechanism and has access to Intergrid resources.

A kind of immersion of the automated workplaces of a separate transport WEB laboratory, the information department of the enterprise into the computerized space of separate systems existing in the big city, which have Intergrid resources, allows you to get a significant profit from the use of additional computer resources involved in this way [1].

In the environment of GRID technologies, from a practical point of view, the Instant-GRID distribution (<http://www.Instant-grid.org>) will be the most convenient and multifunctional. It is based on the Knoppix system (Live-CD) and the Globus Toolkit system (middleware that provides the ability to use GRID technologies). The Instant-grid system has a convenient user interface, which is based on the use of web browser data presentation

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

technologies. This system combines both console-mode applications and graphical applications. Many Globus Toolkit solutions are implemented in the distribution, for example: a WS-GRAM component for managing tasks solved in the system, a GRIDFTP system for file sharing, and a system for remote access to client machines over a secure channel. The development of heterogeneous computer resources involves the principle of competition, which ensures the "survival" of the most effective connections according to the property of self-organization.

The main requirement for the introduction of the latest technologies is to ensure the integrity of the software complex, which ensures the performance of scientific calculations, modeling and processing of experimental data. In this complex, the computer network of the transport organization is a unified software and hardware environment in which software modules are executed in parallel: office applications, Internet software, systems for automating design, modeling and special software complexes. However, after a more thorough analysis of many problems that are solved both in the transport organization and in any industry, it is necessary to make a statement about the large volumes of computer load of the channels, first of all, connections with the Internet.

References

[1] Aleksiyeв, O., Aleksiyeв, V., Klets, D., Artiomov, M., Kurenko, A., Rohozin, I., Novichonok, S., Khabarov, V., & Kruk, B. (2017). Development of automotive computer systems based on the virtualization of transportation processes management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(3 (90)), 14–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116351>

UDC 004.71

INFORMATION AND INTELLECTUAL SYSTEM OF DIAGNOSTICS, ASSESSMENT AND FORECASTING OF THE TECHNICAL CONDITION OF COMPLEX SYSTEMS

A. Vychuzhanin ^[0000-0001-8779-2503]

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

EMAIL: vychuzhanin.o.v@op.edu.ua

ІНФОРМАЦІЙНО-ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА
ДІАГНОСТИКИ, ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО
СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

А. Вичужанін

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Abstract. *The sequence of decision-making, using the proposed IIS system with a CBR cycle, which takes into account the operations of data processing and structuring according to precedents within the framework of the functioning of the developed application software system, has high speed, provides work with incomplete information, versatility and learning with decision-making support.*

Keywords: *decision-making, CBR cycle*

Анотація. *Послідовність прийняття рішень із застосуванням запропонованої системи IIS з циклом CBR, що враховує операції обробки та структурування даних за прецедентами в рамках функціонування розробленої системи прикладного програмного забезпечення, має високу швидкість, забезпечує роботу з неповною інформацією, універсальність і навчання з підтримкою прийняття рішень.*

Ключові слова: *прийняття рішень, цикл CBR*

Methods of finding solutions in information intelligent systems (IIS) based on precedents are an approach based on the use of analogies with previously solved problems to find and adapt solutions to new situations. Similar methods include the stages that make up the CBR cycle:

1. Capturing precedents from the library of precedents.
2. Indexing (organization of precedents to find similar cases).
3. Finding the most suitable precedents for a new task.
4. Adaptation (modification of the found precedent to match the current task).
5. Evaluation and implementation (checking the adapted solution for its suitability and, if necessary, implementation).

Advantages of the method of reasoning based on precedents: adaptability; work with incomplete information; versatility; learning The disadvantage of the method of precedents with a CBR cycle is an increase in the time of searching for the nearest precedents.

Therefore, a comparative analysis of the time of searching for the nearest precedent was carried out depending on the size of the precedent database, taking into account data caching when initializing the data structure as an

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

associative array collection. The graph showing the time of determining the technical condition (TC) of a complex system from the number of precedents is shown in Fig. 1.

The time spent on the closest precedent for 10,000 precedents in the henna database (DB) was about 370 ms. The first closest precedent out of 5000 precedents was obtained in about 50ms.

With the increase in the number of precedents in the library of precedents, the time for determining the TC of a complex system increases, but it does not significantly affect the total time spent on evaluating the TC of the subsystems of the ship's power plant under study.

Despite such a shortcoming, research has shown the possibilities of applying the method of reasoning based on CBR precedents and its appropriate use for decision-making in real operating conditions. The developed IIS has high speed.

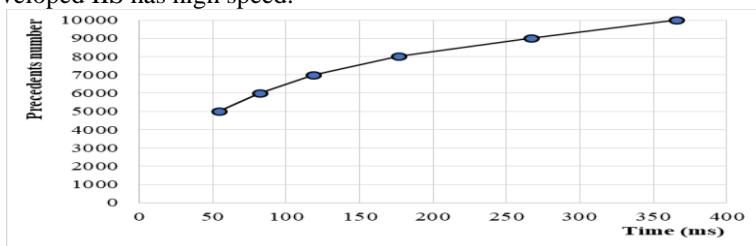


Figure 1. Time to determine the TC of a complex system depending on the size of the precedent base

In order to estimate the time spent on the formation of the DB within the framework of the implementation of the proposed method, a comparison of the execution time of computing processes was carried out when the system was started in the following modes: single-threaded; two-flow; four-flow (Fig. 2). It should be noted the general exponential nature of the dependence of the time of computational processes of estimations and forecasting of complex technical systems (CTS) on the number of precedents in the DB. Thanks to the distributed computing mode, it becomes possible to reduce time costs by up to 28% when using two data streams isolated from each other, and up to 42% in the case of dividing the computing load into four separate data streams. The presented interface of the main form of the software system with the tab for managing the process of creating precedents implements the functionality of determining the serviceability of

the IIS with the CBR cycle and the implementation of the functions embedded in it.

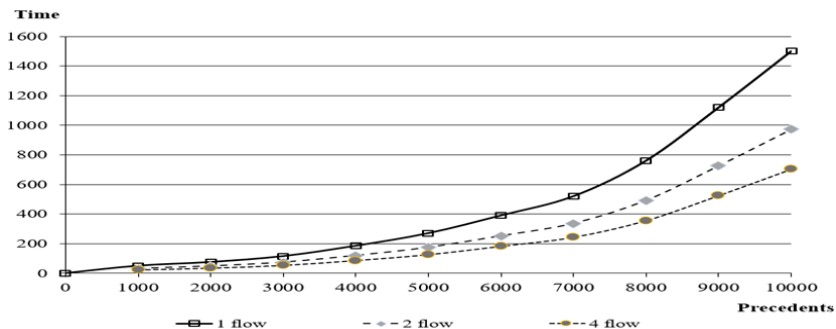


Figure 2. Computational processing time from the number of formed precedents

Taking into account partial and complete failures of CTS equipment in the IIS will allow the decision-maker to make decisions aimed at pre-failure maintenance of complex systems, and thereby extend the service life of the systems, which means increasing the efficiency of their operation.

Thus, the development and research of IIS with CBR was carried out, intended for effective assessment and prediction of TC of complex short-circuit systems by ensuring the speed of IIS.

The effective functioning of IIS with CBR is based on the use of the method of reasoning based on precedents.

IIS with CBR consists of: interface module; DB with library of precedents and database; request formalization module; a module of recommendations for ensuring the effectiveness of the CTS; CTS structural scheme libraries; modules of formalization of expert assessments and formalization of knowledge. Experimental studies of IIS for evaluation and prediction of TC of complex systems showed that the time spent on the stay of the nearest precedent with 10,000 precedents in the DB was about 370 ms.

The sequence of decision-making, using the proposed IIS system with a CBR cycle, which takes into account the operations of data processing and structuring according to precedents within the framework of the functioning of the developed application software system, has high speed, provides work

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

with incomplete information, versatility and learning with decision-making support.

Thanks to the distributed computing mode, it becomes possible to reduce time costs by up to 28% when using two data streams isolated from each other, and up to 42% in the case of dividing the computing load into four separate data streams.

UDC 004.71

**NEURAL MODEL AND TRAINING METHOD FOR ROBUST AND
RESOURCE-EFFICIENT DATA BLOCK IDENTIFICATION**

M. Boiko ^[0000-0003-0950-8399] 1,2, **Ph.D. V. Moskalenko** ^[0000-0001-6275-9803] 1

¹ Sumy State University, Ukraine

² The National Anti-corruption Bureau of Ukraine, Ukraine

EMAIL: ¹ mboiko25@gmail.com, ³ v.moskalenko@cs.sumdu.edu.ua

**НЕЙРОННА МОДЕЛЬ ТА МЕТОД НАВЧАННЯ НАДІЙНОЇ ТА
РЕСУРСНО-ЕФЕКТИВНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БЛОКУ ДАНИХ**

М. Бойко^{1,2}, **Ph.D. В. Москаленко**¹

¹ Сумський державний університет, Україна

Національне антикорупційне бюро України, Україна

Abstract. One of the digital forensics stages is recovering deleted data from unallocated space with no file system metadata. This task requires the correct identification of fragments of a particular file. This paper proposes a method that improves the accuracy of binary data block identification and saves computational resources.

Keywords: digital forensics, artificial intelligence, neural network, data block identification, parameter efficient transfer learning, parallel adapters.

Анотація. Одним із етапів цифрової експертизи є відновлення видалених даних із нерозподіленого простору без метаданих файлової системи. Це завдання вимагає правильної ідентифікації фрагментів певного файлу. У цьому документі пропонується метод, який покращує точність ідентифікації блоків двійкових даних і економить обчислювальні ресурси.

Ключові слова: цифрова криміналістика, штучний інтелект, нейронна мережа, ідентифікація блоків даних, ефективне навчання параметрів, паралельні адаптери.

Convolutional neural networks are often successfully used for identifying binary data blocks [1]. At the same time, the amount of information being analyzed grows rapidly. Therefore, in addition to improving the accuracy of identifying file fragments, saving resources is essential. To achieve this goal, we propose a parameter-efficient tuning method for artificial intelligence systems, which consists of the following:

1) Selecting a basic model for identifying data blocks, which is a function f that classifies n -bytes data blocks B by file type labels T [1]:

$$f : B \rightarrow T, \quad (1)$$

where $B \in \mathbb{Z}_{255}^n$, $T \in \{PDF, DOCX, \dots, PNG\}$, $\mathbb{Z}_{255} = [0, \dots, 255]$, and n is typically 512 or 4096 bytes.

2) Adding blocks of parallel adapters [2] and their further training on the initial training dataset. The proposed parameter-efficient tuning approach and adapter architecture are shown in Fig. 1.

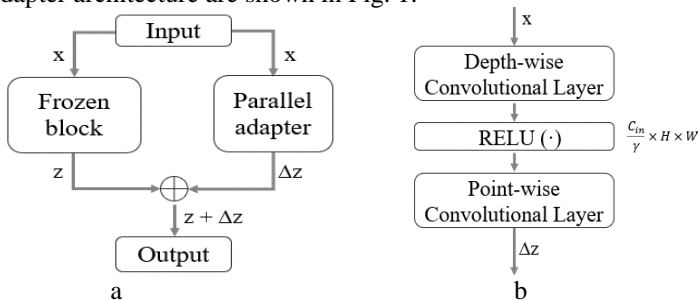


Figure 1. Proposed parameter-efficient tuning approach (a) and adapter architecture (b).

In the mentioned earlier figure, x is the input, z and Δz are outputs to the frozen and the adapter block respectively, C_{in} is the input channel dimension of the input, and γ is a hyperparameter to adjust the channel compression. The output x' of the obtained model block is calculated as:

$$x' = z + \Delta z \quad (2)$$

3) Tuning of the adapter parameters using the method of marginal entropy minimization with one test point [3] to increase the robustness of the model. We apply the augmentation function on a single test input, obtain the model's prediction, calculate the marginal entropy for each output, calculate the marginal output distribution averaged over augmentations, and train the model with marginal entropy minimization.

The loss function can be computed as follows [3]:

$$l(\theta, x) \approx H(\bar{p}_\theta(\cdot|x)) = \sum_{y \in Y} \bar{p}_\theta(y|x) \log \bar{p}_\theta(y|x), \quad (3)$$

where $\bar{p}_\theta(y|x)$ is the marginal output distribution that can be calculated by the following formula:

$$\bar{p}_\theta(y|x) = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B \bar{p}_\theta(y|\tilde{x}_i), \quad (4)$$

where B is the number of augmentations, \tilde{x}_i is an i -th sample from the augmented data batch.

To summarize, we can say the following. Using parallel adapters allows to work with a small number of parameters and consequently save on computational resources. Although the subsequent application of the method of marginal entropy minimization with one test point tunes a small number of parameters, it increases the robustness of the final model and improves the overall accuracy of identifying binary data blocks by about 6-9%.

References

- [1]. G. Mittal, P. Korus, and N. Memon, “FiFTy: Large-Scale File Fragment Type Identification Using Convolutional Neural Networks,” *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 16, pp. 28–41, 2021, doi: 10.1109/TIFS.2020.3004266.
- [2]. Chen H. et al., “Conv-Adapter: Exploring Parameter Efficient Transfer Learning for ConvNets,” *arXiv (Cornell University)*, 2022. doi: 10.48550/arXiv.2208.07463.
- [3]. M. Zhang, S. Levine, and C. Finn, “MEMO: Test Time Robustness via Adaptation and Augmentation,” in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2022. doi: 10.48550/arXiv.2110.09506

UDC 004.932.72

IMAGE PREPROCESSING ALGORITHM FOR OBJECT DETECTION & TRACKING

Ph.D. N. Volkova^{1[0000-0003-3175-2179]}, **M. Shvandt**^{2[0000-0002-4580-3961]}

Odesa National Polytechnic University, Ukraine

EMAIL: ¹volkova.n.p.@op.edu.ua, ²maxim.shvandt@gmail.com

АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

Ph.D. Н. Волкова, М. Швандт

Одеський національний політехнічний університет, Україна

Abstract. *In this paper, an algorithm for image preprocessing is proposed, including successive filtering and correction operations for the process of tracking and detection of objects in a video. This algorithm allows to effectively separate objects (fish) from the background with similar color characteristics. The proposed algorithm will be used in a system for fish (gobies) behavior observation in an aquarium based on video data processing.*

Keywords: *algorithm, image processing, video processing, methods, object tracking, object detection, image segmentation.*

Анотація. *У цій роботі запропоновано алгоритм попередньої обробки зображень, що включає послідовні операції фільтрації та корекції для процесу трекінгу та детекції об'єктів на відео. Цей алгоритм дозволяє ефективно відокремлювати об'єкти (риб) від фону при схожих кольорових характеристиках. Запропонований алгоритм буде використано у системі трекінгу поведінки риб (бичків) в акваріумі на основі обробки відеоданих.*

Ключові слова: *алгоритм, обробка зображення, обробка відео, методи, трекінг об'єктів, детектування об'єктів, сегментація зображення.*

The rapid development of technologies has led to their widespread introduction into all spheres of human activity, including scientific ones. A part of it, among other things, is the study of animal behavior. Similar studies often require long-term observations, which are difficult to carry out manually, so the demand for automated systems for similar tasks is growing. As an example, one of such tracking tasks is studying the behavior of mice and fish [1].

There are a large number of different methods and algorithms for tracking and detection, however, it is often difficult to apply them individually for specific tasks. Our research is aimed at solving the task of tracking the behavior of gobies.

The gobies are placed in an aquarium, a video camera is filming them from above, and their movements and interactions inside the aquarium are of interest. Video frames and background images contain noise, lighting differences, and other defects, which makes image preprocessing an

important task. To address this issue, an image preprocessing algorithm was developed in this study.

One of the foundations of the algorithm for gobies behavior observation and tracking became the background subtraction method [2]. For the pre-processing of video frames and background images, an algorithm was proposed, the main stages of which are:

- 1) Bilateral Filter for noise removal [3];
- 2) Brightness leveling (by limiting pixel values);
- 3) Additional use of a median filter for noise removal;
- 4) Image upscaling to obtain a clearer representation of objects in the frame [4].

Figure 1 shows the results of the application of the proposed preprocessing algorithm to an empty image and a video frame.

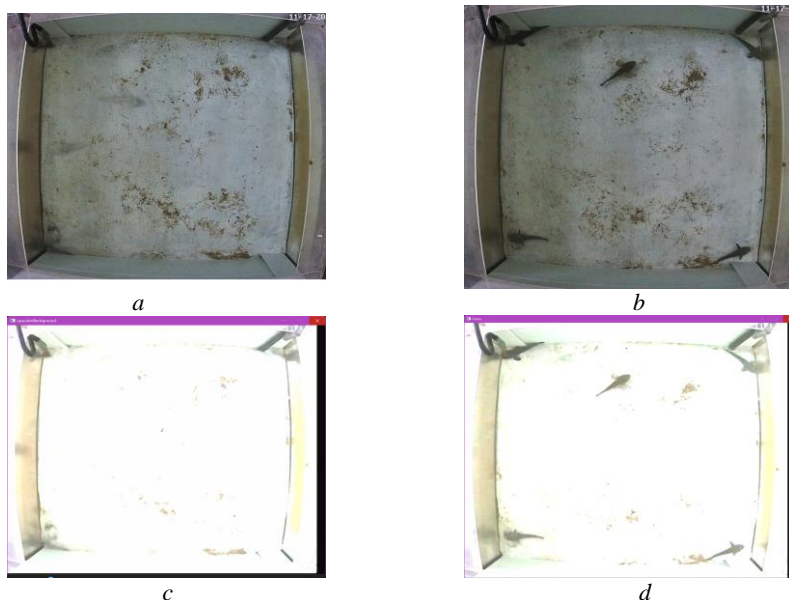


Figure 1. Color preprocessing: *a* – original background image; *b* – original frame; *c,d* – preprocessed background image and frame

The next step of the gobies behavior tracking algorithm is object localization based on image segmentation. As during the tracking process the gobies can appear too close to each other, thus the segmentation process may be required to distinguish them from each other. For this task a segmentation process called SLIC [5] was applied to the result of background subtraction (Figure 2). SLIC is an algorithm based on the superpixel approach. As it can be seen, the gobies were marked separately from the other blobs even with the similar color characteristics. This will be useful for keeping fish identities from frame to frame.

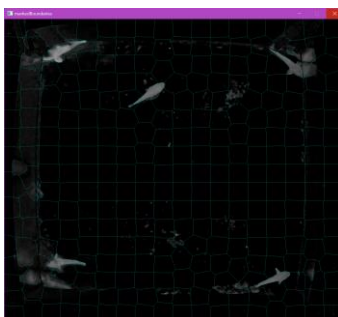


Figure 2. The SLIC algorithm application

Thus, the algorithm proposed in the work can be recommended for the tracking of gobies, where high immunity to noise is required. Further research will be aimed at the increase of the accuracy of segmentation and acceleration of the speed of image processing.

References

- [1]. Spampinato C., Palazzo S., Boom B., Van Ossenbruggen J., Kvasidis I. et al. (2014). Understanding fish behavior during typhoon events in real-life underwater environments. Department of Electrical, Electronics and Computer Engineering, University of Catania, Catania, Italy, 37 p.
- [2]. How to Use Background Subtraction Methods, available at: https://docs.opencv.org/3.4/d1/dc5/tutorial_background_subtraction.html
- [3]. Kornprobst P. & Tumblin J. (2009). Bilateral Filtering: Theory and Applications. Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision 4(1):1-74, 76 p.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[4]. Ledig C., Theis L., Huszar F., Caballero J., Cunningham A. et al. (2017). Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1609.04802>

[5]. Zihao Zhu A., Mei J., Qiao S., Yan H., Zhu Y. at al. (2023). Superpixel Transformers for Efficient Semantic Segmentation. Available at: <https://arxiv.org/abs/2309.16889>

UDC 004.932.72

**MODELING OF WHEAT YIELD IN STEP REGION OF UKRAINE
USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

**Dr.Sci. P. Hrytsiuk^{1[0000-0002-3683-4766]}, Ph.D. T. Babych^{2[0000-0001-6927-7313]},
Ph.D. O. Hladka³, M. Nehrey^{4[0000-0001-9243-1534]}**

^{1,2,3}*The National University of Water and Environmental Engineering, Rivne,
Ukraine*

⁴*The Collegium Helveticum, University of Zurich, Switzerland*
EMAIL: p.m.hrytsiuk@nuwm.edu.ua, ²t.iu.babych@nuwm.edu.ua,
³o.m.hladka@nuwm.edu.ua, ⁴mnehrey@ethz.ch

**МОДЕЛЮВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ В РЕГІОНІ
УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

Dr.Sci. П. Грицюк¹, Ph.D. Т.Бабич², Dr.Sci. О.Гладка³, М.Негрей⁴

^{1,2,3}*Національний університет водного господарства та інженерії
природокористування, Рівне, Україна*

⁴*Колегіум Гельветікум, Цюрихський університет, Швейцарія*

Abstract. *The task of this study is to evaluate the climatic factors impact on the detrended values of wheat yield using machine learning techniques. The work uses an innovative approach, according to which the detrended yield values are divided into two groups, labeled as “low yield” and “high yield”. In the role of classifiers, six machine learning models were used, which were fitted to the available data and demonstrated classification accuracy above 80% on test samples. The support vector method and the random forest method are the most effective classifiers and provide 85% classification accuracy (on test data).*

Keywords: *wheat yield, climatic factors, machine learning, classification.*

Анотація. *Завданням даного дослідження є оцінка впливу кліматичних факторів на коливання врожайності пшениці. У роботі використовується*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

інноваційний підхід, згідно з яким детрендовані значення врожайності поділяються на дві групи, які позначені як «низька врожайність» та «висока врожайність». У ролі класифікаторів було використано шість моделей машинного навчання, які продемонстрували точність класифікації понад 80% на тестових зразках. Модель опорних векторів та модель випадкового лісу є найбільш ефективними класифікаторами, які забезпечують точність класифікації на рівні 85%.

***Ключові слова :** врожайність пшениці, кліматичні фактори, машинне навчання, класифікація.*

Grain production is one of the most important branches of the economy of Ukraine, ensuring the food needs of the population and a stable inflow of currency. The average annual production of cereals in Ukraine for 2019-2021 reached the level of 75 million tons (in 2021, a record crop of 84 million tons was harvested in Ukraine), and the average annual export during this time was 50 million tons [1]. At the same time, it is necessary to note the significant instability of grain production in Ukraine, associated with the impact of changing climatic factors. The steppe region of Ukraine is particularly sensitive to the influence of climatic factors, where frequent droughts lead to a significant drop in grain yields. From the view point of the grain crops cultivation, the territory of Ukraine can be divided into several agro-climatic zones: the steppe region, the black soil zone of the forest-steppe region, the western region. The main purpose of this study is the analysis of wheat yield dynamics in the steppe region of Ukraine. Based on the analysis results, wheat yields was divided into trend and detrended residuals. The reasons for emergence of the trend are financial (investment) and technological (innovation) factors. Climatic factors are the main cause of the detrended yields fluctuations. Statistical climate data and wheat yield data for the period 2000-2021 for the Kherson, Mykolaiv, Odesa, Zaporizhzhya, Dnipro and Kirovohrad regions, which are located in the steppe region of Ukraine, were used for this research. Climatic characteristics were taken from [2], yield data were gotten from [1]. Average decadal (ten-day) temperature values of April, May, and June and monthly amounts of precipitation for this period were used to assess the impact of climate on wheat yield. An analysis of wheat yield dynamics in the regions of Ukraine over the past 22 years shows that the yield is increasing [3]. However, the tendency to increase grain yield is accompanied by significant yield fluctuations, the cause of which is mostly the weather and climate factors impact. The wheat yield dynamic in the

Kherson region can serve as an illustration (Figure 1). The magnitude of deviations from the trend (detrended yield) directly depends on the impact of climatic factors, the main of which are droughts (2003 and 2012).

To modeling of yield dynamics a linear trend model we used

$$tr_t = a_0 + ta_1 \quad (1)$$

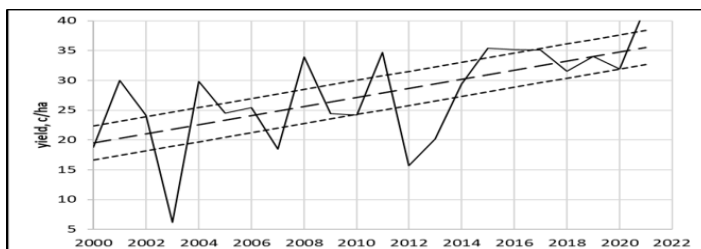


Figure 1. Wheat yield dynamics in the Kherson region. The dashed line is a linear trend. Dotted lines are high and low yield boundaries.

To make an interval forecast of yield, it is necessary to check the hypothesis about a normal distribution of detrended yield eps

$$eps_t = y_t - tr_t \quad (2)$$

To make a decision about investing in a specific project, it is enough to have an estimate of the future yield in terms of “high yield” – “low yield”. This approach enables the use of classification methods in yield forecasting. To the “low yield” group, includes those yield values that with a probability of $p < 0.33$ are located on the integral curve of the normal distribution of detrended yields. The study used six methods to build binary classification models: linear discriminant analysis (LDA), support vector method with linear kernel function (SVML), support vector method with radial kernel function (SVMR), decision tree method (CART), random forest method (RF), logistic regression method (GLM). Our methodology was as follows:

1. The initial dataset is split into two parts: 75% is designated for constructing the training sample, and 25% is reserved for the control (test) sample.
2. The models are trained on the training sample and subsequently used to classify the control sample. Among the tested machine learning methods, the random forest method and the support vector method showed the best accuracy (Table 1).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Table 1. Quality Criteria of machine learning techniques

	Accuracy	Sensitivity	Sensitivity	AUC
LDA	0.789	0.560	0.865	0.70
SVL	0.859	0.680	0.919	0.76
CART	0.778	0.520	0.865	0.69
RF	0.838	0.560	0.932	0.94
GLM	0.839	0.680	0.892	0.74

References

- [1] State Statistics Service of Ukraine, 2022. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
[2] Meteorological data archive. [Electronic resource] – Access mode: <https://meteopost.com/weather/archive/>.
[3] Hrytsiuk P., Babych T., Baranovsky S., Havryliuk M. (2023). Assessing of Climate Impact on Wheat Yield using Machine Learning Techniques. CEUR Workshop Proceedings, 3513, pp. 314–329.

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ANALYSIS OF THE STRUCTURAL RESILIENCE OF A
COMMUNICATION**

Ph.D. T. Kunup ^[0000-0003-0246-0951]

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

EMAIL: ttvv@ukr.net

АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СТІЙКОСТІ КОМУНІКАЦІЇ

Ph.D. T. Кунуп

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Abstract: This paper examines the challenges involved in assessing, ensuring, and improving the structural survivability of communication networks (CN), particularly as these networks transition to new and future generations. The authors introduce new metrics to evaluate the structural survivability of CN, focusing on both lower and upper bounds. These metrics facilitate the assessment of a CN's capability to maintain the required quality of service for specific traffic classes and guide the development of recommendations regarding existing requirements and constraints on CN's structural survivability. This work enhances the efficiency and reliability of communication networks.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Keywords: communication networks, structural resilience, new and next-generation networks.

Анотація. У цій роботі розглядаються питання оцінки, забезпечення та підвищення структурної живучості комунікаційних мереж (КС), що набувають особливої важливості під час переходу до мереж нового та майбутнього покоління. Автори пропонують нові показники для оцінки структурної живучості КС, зокрема, нижню та верхню межі структурної живучості. Запропоновані показники дозволяють оцінити можливості КС у забезпеченні необхідної якості обслуговування потоків відповідного класу та розробити рекомендації щодо існуючих вимог і обмежень, пов'язаних зі структурною живучістю КС. Це сприяє підвищенню ефективності роботи комунікаційних мереж і забезпеченню їх надійності.

Ключові слова: комунікаційні мережі, структурна живучість, мережі нового та майбутнього покоління.

The evaluation, assurance, and improvement of structural resilience in communication networks (CN) become particularly critical during the transition to new and next-generation networks. According to the principles outlined for ensuring system resilience across various domains [1], the flow-based approach is identified as the most effective method for ensuring resilience, offering a means to assess CN's structural resilience [2]. Consequently, in [3], the lower bound of structural resilience (LBSR) is proposed as a key indicator for evaluating the structural resilience of CN. The LBSR is defined as the weighted average probability of non-disruption within a set of admissible network sections, which serve to separate the admissible paths organized to handle the traffic demands entering the network.

The probability of non-disruption π_{st}^l of the l -th cross section $\sigma_{st}^l \in \sigma_{st}^{add}$ ($l = \overline{1, L}$, L – The total number of cross sections that constitute the set of admissible cross sections σ_{st}^{add}) is calculated as the probability of a parallel connection of branches b_{xy} , that constitute the section σ_{st}^l :

$$\pi_{st}^l = 1 - \prod_{b_{xy} \in \sigma_{st}^l} (1 - p_{xy}) \quad (1)$$

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The probability of non-disruption π_{st} of all admissible cross sections σ_{st}^{add} is calculated as the probability of a sequential connection of cross sections π_{st}^1 using expression (1) [3]:

$$\pi_{st} = \prod_{\sigma_{st} \in \sigma_{st}^{don}} (1 - \prod_{b_{xy} \in \sigma_{st}^j} (1 - p_{xy})) \quad (2)$$

It should be noted that in the evaluation of structural resilience, the interest lies not only in determining the LBSR, which ensures guaranteed stable functioning of the CN, but also in identifying the maximum possible value of the structural resilience indicator.

In this work, a new indicator is proposed—the upper bound of structural resilience (UBSR) of the CN, which characterizes the network's ultimate capacity to ensure structural resilience. The proposed UBSR is defined as the weighted average probability of the non-disruption of a set of admissible network paths organized to service the traffic demands entering the network.

The probability of non-disruption P_{st}^k k-th path $\mu_{st}^k \in m_{st}^{add}$ we will define the probability of non-disruption of all edges β_{xy} , that constitute the path μ_{st}^k ($k = \overline{1, K}$, K – the number of admissible paths between points s and t , $s, t = \overline{1, n}$, $s \neq t$, n – the number of nodes in the network). Since the edges β_{xy} of the path μ_{st}^k are connected sequentially, the probability of non-disruption of the path P_{st}^k can be expressed as follows:

$$P_{st}^k = \prod_{\beta_{xy} \in \mu_{st}^k} p_{xy}, \quad (3)$$

where p_{xy} – is the probability of non-disruption of edge β_{xy} .

The probability of non-disruption P_{st} of the connection from s to t (the set of admissible paths m_{st}^{add}) we will define as the probability of non-disruption of at least one path from the set m_{st}^{add} . Thus, the indicator P_{st} can be expressed as the probability of non-disruption in the case of a parallel connection of objects (paths $\mu_{st}^k \in m_{st}^{add}$):

$$P_{st} = (1 - \prod_{\mu_{st}^k \in m_{st}^{don}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \mu_{st}^k} p_{xy})) \quad (4)$$

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The upper bound of the structural resilience of a communication network is defined as the weighted average value of all calculated P_{st} values for the sets of paths m_{st}^{add} , the weights w_{st} , with which the P_{st} values are considered in expression (5), depend on the class of traffic demands φ_{st} :

$$UBSR = \sum_{s=1}^n \sum_{t=1}^n P_{st} \cdot w_{st}. \quad (5)$$

Expression (5) for calculating the UBSR (Upper Bound of Structural Resilience) is used under condition (6):

$$\sum_{s=1}^n \sum_{t=1}^n w_{st} = 1. \quad (6)$$

If the w_{st} values are not bound by the normalization condition (6), then the UBSR is calculated according to expression (7):

$$UBSR = \left(\sum_{s=1}^n \sum_{t=1}^n P_{st} \cdot w_{st} \right) / \left(\sum_{s=1}^n \sum_{t=1}^n w_{st} \right) \quad (7)$$

The use of structural resilience indicators - LBSR and UBSR- makes it possible to determine the capabilities of the communication network in ensuring the necessary quality of service for traffic flows of the corresponding class. It also aids in developing essential recommendations regarding the existing requirements and constraints related to the structural resilience of the communication network and the acceptable quality of service indicators for individual flows (flow classes).

References

- [1] Stekolnikov, Y.I. Resilience of Systems. St. Petersburg: Polytechnika, 2002. – 155 pages.
- [2] Dodonov, A.G., & Landé, D.V. Resilience of Information Systems. Kyiv: Naukova Dumka, 2011. – 256 pages.
- [3] Kryvosheia D.O., An Approach to Assessing the Functional Survivability of a Hierarchical Video Conferencing System on a Wireless Mesh Network / D.O. Kryvosheia // Internet Journal "Naukovedenie". – 2014. – No. 5(24).
- [4] Knyazeva, N.A. A Method for Ensuring the Structural Resilience of a Telecommunication Network, International Journal of Information Models and Analyses, 2014. – Vol. 8, No. 2. – pp. 152-165.
- [5] O. Kholod, Communication Technologies / Center for Educational Literature / 2019. – p. 211.

УДК 004.8

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЬОВИХ
ОБ'ЄКТІВ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ
ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Ph.D. O. Mazurets^{1[0000-0002-8900-0650]}, **R. Vit**^{2[0009-0009-6958-4730]}

Хмельницький національний університет, Україна
EMAIL: ¹m.o.molchanova@gmail.com, ²vit.roman.vit@gmail.com

**INTELLIGENT METHOD OF IDENTIFYING TARGET OBJECTS
OF SUBJECT AREA FOR CLASSIFICATION OF TEXT
INFORMATION**

Ph.D. O. Mazurets, R. Vit

Khmelnytskyi National University, Ukraine

***Анотація.** Розроблено метод виявлення цільових об'єктів предметної області, який відрізняється від існуючих урахуванням ключових слів та іменникових сутностей предметної області, що дало змогу підвищити точність виявлення цільових об'єктів предметної області внаслідок врахування іменникових сутностей. Встановлено, що знайдені розробленим методом цільові об'єкти предметних областей спроможні ефективно виконувати подальшу задачу класифікації.*

***Ключові слова:** машинне навчання, NLP, цільові об'єкти.*

***Abstract.** The method for identifying target objects of subject area has been developed, which differs from the existing ones by taking into account keywords and noun entities of the subject area, which made it possible to increase the accuracy of identifying target objects of the subject area due to taking into account noun entities. It was established that the target objects of the subject areas found by the developed method are able to effectively perform the further task of classification.*

***Keywords:** machine learning, NLP, target objects.*

Методи виявлення цільових об'єктів у предметній області є критично важливими для ефективного аналізу та обробки великих обсягів інформації [1]. У роботі цільові об'єкти будуть шукатись у текстових даних, а під терміном «цільові об'єкти» буде матись на увазі сукупність множини ключових слів та множини NER з групуванням шляхом лематизації [2]. Виявлення цільових об'єктів у системах NLP,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

зокрема розпізнавання іменованих сутностей, відіграє важливу роль у багатьох завданнях аналізу тексту та обробки інформації. Основна мета NER полягає в ідентифікації і класифікації значущих елементів тексту, таких як імена людей, назви організацій, географічні назви, дати та інші сутності, які мають специфічне значення для конкретного контексту. Це завдання є ключовим для ряду практичних задач, таких як інформаційний пошук, машинний переклад, обробка юридичних документів та аналіз даних у соціальних медіа. Автоматизація виявлення цільових об'єктів предметної області сприятиме значному підвищенню ефективності та точності ідентифікації релевантних об'єктів у великих обсягах даних. Метою роботи є створення методу виявлення цільових об'єктів предметної області для класифікації текстової інформації, який відрізняється від існуючих урахуванням ключових слів та іменникових сутностей предметної області, що дало змогу підвищити точність виявлення цільових об'єктів предметної області внаслідок врахування іменникових сутностей.

Метод виявлення цільових об'єктів предметної області для класифікації текстової інформації призначений для автоматизації процесу ідентифікації ключових використовує алгоритми машинного навчання для адаптивного розпізнавання об'єктів, враховуючи специфіку предметної області, що дозволяє значно скоротити час обробки даних і знизити ризик упущення важливої інформації.

Вхідними даними методу є досліджуваний текст та попередньо оброблений збалансований корпус текстів досліджуваної предметної області.

Першим етапом є підготовка досліджуваного тексту для аналізу, який включає в себе токенізацію, лематизацію та видалення стоп-слів.

Наступним етапом є пошук ключових слів різними методами, такими як TF-IDF, TF, YAKE! та DE. Кожним перерахованим методом відбувається формування множини ключових слів. На третьому етапі здійснюється виявлення цільових об'єктів. Схематично це зображено на рис. 1. Цільові об'єкти є об'єднаною множиною ключових слів знайденими різними методами без повторів та множиною NER, що згруповані шляхом лематизації. Для дослідження ефективності запропонованого підходу було створено окреме консольне програмне забезпечення мовою Python, яке передбачає використання отриманого списку цільових об'єктів для досліджуваних текстів. Відповідно,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

знайдені цільові об'єкти були переведені у векторне представлення розміром 1500 (як розмір словника) методом One-Hot Encoding.



Рисунок 1. Етап методу для формування цільових об'єктів

Надалі було перевірено Евклідові відстань між текстами одного спрямування, а також були обраховані Евклідові відстані між векторами протилежних категорій.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення кількості категорій та експерименти із іншими метриками оцінки знайдених цільових об'єктів, у порівнянні їх із відомими великими мовними моделями, наприклад GPT, Gemini тощо.

Отже, було розроблено метод виявлення цільових об'єктів предметної області, який відрізняється від існуючих урахуванням ключових слів та іменникових сутностей предметної області, що дало змогу підвищити точність виявлення цільових об'єктів предметної області внаслідок врахування іменникових сутностей.

Встановлено, що знайдені розробленим методом цільові об'єкти предметних областей спроможні ефективно виконувати подальшу задачу класифікації.

Запропонований метод показав, що знайдені цільові об'єкти предметних областей спроможні виконувати подальшу задачу класифікації, демонструючи на метриці Евклідових відстаней

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

групування текстів однієї категорії та збільшення відстані ортогональної їй.

Література

[1] Mazurets O., Barmak O., Krak I., Manziuk E., Bahrii R. Method for Adaptive Semantic Testing of Educational Materials Level of Knowledge. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2022. Vol. 77. pp. 491–506.

[2] Krak I., Zalutska O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2024, vol. 3688, pp. 16-28.

UDC 681.5

**MODEL PREDICTIVE CONTROL FOR THE BLOWING REGIME
OF THE STEELMAKING PROCESS**

Ph.D. Y. Mariiash^[0000-0002-0812-8960], **Ph.D. O. Stepanets**^[0000-0003-4444-0705]

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

EMAIL: ¹y.mariash@kpi.ua, ²o.stepanets@kpi.ua

**МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ПРОДУВУ
ПРОЦЕСУ ВИРОБКИ СТАЛІ**

Ph.D. Ю. Маріяш, Ph.D. О. Степанець

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Abstract. *The study sought to lower the production costs of basic oxygen furnace steel by increasing the amount of scrap metal used. This was accomplished by improving the conversion of CO to CO₂ during afterburning in the furnace chamber through optimal model predictive control of the blowing regime parameters. This system enabled simultaneous control of the blowing intensity and the lance position while dynamically adjusting the oxygen consumption and CO₂ content setpoint. The result was improved control quality and energy savings during the melting process, driven by the increased afterburn degree during the CO to CO₂ conversion.*

Keywords: *prediction model, control, steelmaking.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У цій роботі було досліджено можливість зниження собівартості виробництва киснево-конвертерної сталі за рахунок збільшення частки металобрухту. Це було досягнуто за рахунок підвищення окиснення CO до CO₂ в порожнині конвертера за допомогою оптимального модельного прогнозуючого керування параметрами режиму дуття. Ця система дозволила одночасно керувати інтенсивністю дуття і положенням фурми, динамічно регулюючи споживання кисню і заданий вміст CO₂. Результатом стало покращення якості керування та економія енергоресурсів під час плавки завдяки підвищеному ступеню допалювання CO до CO₂.*

***Ключові слова:** прогнозуюча модель, керування, виробництво сталі.*

Steel production is a complex process that requires the use of a combination of technological, energy, and transport equipment, each necessitating appropriate automation. Today, the basic oxygen furnace (BOF) is the most popular steelmaking process in the world and is becoming increasingly widespread. According to the World Steel Association Sustainability Indicators 2023 report [1], the global share of BOF was 72%. Ukrainian metallurgical production is extremely energy-intensive due to the wear and tear of fixed assets and outdated technological processes. When steel is produced in BOF, up to 30% of the metal content is scrap. The rest is liquid pig iron, which is more expensive than scrap and requires blast furnace production. Therefore, the current problem of the BOF process is to increase the amount of scrap in the converter steel melt. In today's metallurgical landscape, the modern basic oxygen furnace process stands as a pinnacle of technological advancement, boasting automation and an array of measurement and control devices. Optimal dynamic control of the blowing mode using predictive models [2] enabled the authors to improve the metal output with specific substance and temperature, contributing to enhanced steel quality. However, increasing the metal temperature leads to overheating of water-cooling structures and reduces the productivity of the unit. The use of a portion of the generated converter gas as fuel in the converter cavity for melting scrap metal will increase the scrap content, resulting in a reduction in the cost of BOF steel. Considering that the gases exiting the converter consist of approximately 90% CO and <10% CO₂, there is significant potential for increasing the scrap ratio by enhancing the degree of CO combustion in the converter cavity.

The synthesis of a model predictive controller [3] using a quadratic functional was conducted, taking into account the constraints of the BOF blowing regime. The development of the model predictive controller

includes the following primary components: constructing the predictive model, defining the functional that describes the control quality, and solving the optimization problem to determine the optimal control strategy that minimizes the functional. Block diagram of the developed model predictive control system are shown in Figure 7. Also, simulation of the transient processes of a 20-minute blowing mode for BOF with model predictive control and a combined control system with a PID controller of CO₂ content.

The transient processes obtained from the automatic control system of the basic oxygen furnace blowing mode using model predictive control yielded an Integrated Squared Error (ISE) of 5577 for the oxygen flow rate loop and 43 for the CO₂ content in the converter gases. Additionally, the maximum dynamic deviation of the CO₂ content in the converter gases was 0.95%. The transient processes of the automatic control system for the basic oxygen furnace blowing regime, using a combination of a PID controller and model predictive control, resulted in an Integrated Squared Error (ISE) of 9075 for the oxygen flow rate loop and 1397 for the CO₂ content in the converter gases. Additionally, the maximum dynamic deviation of the CO₂ content in the converter gases was 17.5%.

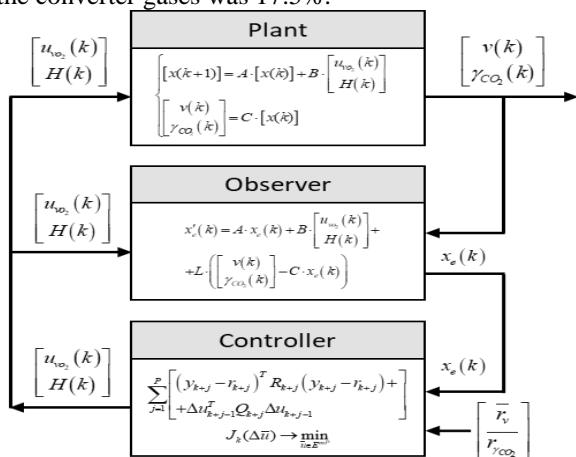


Figure 1. Block diagrams of the model predictive control system

The implementation of the model predictive controller resulted in enhancing the control quality for the oxygen flow rate loop by a factor of 1.6 and for the CO₂ content regulation loop in the converter gases by a factor of 32.5. Additionally, the maximum dynamic deviation of the CO₂ content in

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

the converter gases was reduced by 17% compared to the combined control system. The application of the model predictive control system, focused on enhancing energy-efficient heat utilization, improves the accuracy and quality of control.

References

- [1] World Steel Association, Sustainability Indicators 2023 report, 2024. URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-indicators-report-2023.pdf>.
- [2] J. Zhang, Optimal Control Problem of Converter Steelmaking Production Process Based on Operation Optimization Method, *Discrete Dynamics in Nature and Society* (2015) 1-15. doi: <https://doi.org/10.1155/2015/483674>.
- [3] M. M. Morato, J. E. Normey-Rico, O. Sename, Model predictive control design for linear parameter varying systems: A survey, *Annual Reviews in Control* (2020) 64-80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.04.016>.

UDC 004.056

**ІНФОРМАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНКИ СТАНУ
ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ
УКРАЇНИ**

Ph.D. K.Sergieieva¹[0000-0001-7345-2209], **Ph.D. O. Kavats** **O.**²[0000-0002-0172-7856],
Ph.D. V.Vasiliev³[0000-0002-5211-9164], **Ph.D. Yu. Kavats**⁴[0000-0002-0180-5957],
Dr.Sci. O. Kovrov⁵[0000-0003-3364-119X], **M. Obruchev**⁶

^{1,5,6}Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", Україна,

^{2,4}Український державний університет науки і технологій, Україна,

³Національний університет водного господарства та природокористування,
Україна,

EMAIL: ¹sergieieva.k.l@nmu.one, ²alena.kavats@gmail.com,

³v.v.vasiliev@nuwm.edu.ua, ⁴yukavats@gmail.com,

⁵kovrov.o.s@nmu.one, ⁶obruchev.m.i@nmu.one

**INFORMATION TOOLS FOR ASSESSING WATER BODIES
CONDITION IN UKRAINE DAMAGED BY
MILITARY OPERATIONS**

Ph.D. K.Sergieieva¹, **Ph.D. O.Kavats**², **Ph.D. V.Vasyliiev**³, **Ph.D. Yu.Kavats**⁴,
Dr.Sci. O. Kovrov⁵, **M. Obruchev**⁶

^{1,5,6} National Technical University "Dniprovsk Polytechnic", Ukraine,

^{2,4} Ukrainian State University of Science and Technology, Ukraine,

³ National University of Water Management and Nature Management, Ukraine,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** The developed information tools were used to monitor changes in the surface area of water bodies in the Lower Dnipro sub-basin affected by the collapse of the Kakhovka Hydropower Plant dam with an accuracy of up to 96%.*

***Keywords:** surface area of water bodies*

***Анотація.** Розроблені інформаційні засоби були використані для моніторингу змін площі поверхні водних об'єктів суббасейну Нижнього Дніпра, які постраждали внаслідок обвалу дамби Каховської ГЕС з точністю до 96%.*

***Ключові слова:** площа поверхні водних об'єктів*

Surface water is a key resource for domestic, industrial, and agricultural use and an important component of ecosystem services. According to the Water Strategy of Ukraine for the period up to 2050, all surface water bodies are under protection from unfavorable anthropogenic impacts [1]. One of these factors is the Russian-Ukrainian war. The decision-making process to overcome the catastrophic consequences of military operations requires a regular time series of data on the water surface changes dynamics.

Open access SAR and optical data from the European Space Agency's Sentinel-1A and Sentinel-2A satellites were used to map water bodies based on machine learning methods. The backscattering coefficient σ^0 was calculated from the Sentinel-1A Ground Range Detected (GRD) Synthetic Aperture Radar (SAR) data in VH and VV polarization at a spatial resolution of 10 meters. Reflectance was collected from Sentinel-2 spectral bands most sensitive to the presence of water on the surface: "B02" (blue, 490 nm), "B03" (green, 560 nm), "B04" (red, 665 nm), "B05" (red edge, 705 nm), "B08" (near-infrared, 842 nm) and "B11" (short-wave infrared, 1610 nm) at a spatial resolution of 10 and 20 meters.

Convolutional neural network (CNN) with a logistic activation function, the Adaptive Moment Estimation (Adam) Optimizer and categorical cross-entropy loss function was used for data classification [2].

To improve the accuracy of the result, a physical data model was proposed that divides the input image into blocks, evaluates the homogeneity of each block, its belonging to the "water" or "ground" class, and models feature distribution of corresponding classes (Fig. 1). The model combines the following operations [3]:

- analysis of standard deviations and mean values of features for mixed blocks to determine the dominant class;

– analysis of how the distribution of class features changes for neighboring blocks around a central block in a sliding window, where the window size matches the size of the central block. This allows to identify the most likely class for the central block based on the adjacent context.

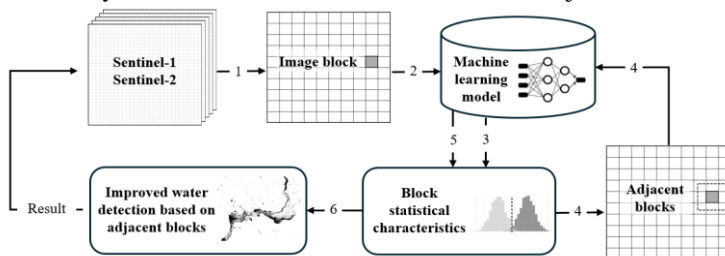


Figure 1. Physical data model in a surface water body mapping system.

Information tools for mapping surface water bodies have been developed using Python, C# programming languages, and .NET platform. Machine learning models were implemented using Keras and ML.Net libraries for binary classification of satellite images based on the proposed physical data model.

The developed information tools were used to monitor changes in the surface area of water bodies in the Lower Dnipro sub-basin affected by the collapse of the Kakhovka Hydropower Plant dam with an accuracy of up to 96%.

References

- [1]. Water strategy of Ukraine for the period until 2050. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on 9 December 2022 No. 1134-r. *Official Gazette of Ukraine*. 2022. No 99. P. 6244.
- [2]. Feng Q., Yang J., Zhu D., Liu, J. Guo, H. Bayartungalag, Li B. Integrating multitemporal Sentinel-1/2 data for coastal land cover classification using a multibranch convolutional neural network: A case of the Yellow River Delta. *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11. No 9. P. 1006.
- [3]. Shih K. H., Chiu C. T., Lin J. A., Bu Y. Y. Real-time object detection with reduced region proposal network via multi-feature concatenation. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*. 2019. Vol. 31. No 6. P. 2164-2173.

UDC 004.8

TOMATO PLANT TREATMENT SMART SUGGESTIONS USING BIG DATA ANALYTICS

Ph.D. K. Khabarlak^[0000-0003-4263-0871]

Dnipro University of Technology, Ukraine

EMAIL: Khabarlak.K.S@nmu.one

РОЗУМНІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОБРОБКИ РОСЛИН ТОМАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЛІТИКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Ph.D. K. Хабарлак

Дніпровський технологічний університет, Україна

Abstract. *This paper proposes a system that provides recommendations for tomato care and uses the big data analytics tools of the Apache Spark library. The system receives information about weather conditions, soil moisture, as well as photos of plants collected by a person using a smartphone or a drone and proposes an action to improve plant yields.*

Keywords: *plant disease, recommendation system, machine learning, big data analytics, Apache Spark.*

Анотація. *У цій роботі запропоновано систему, що надає рекомендації щодо догляду за томатами та використовує інструменти аналітики великих даних бібліотеки Apache Spark. Система приймає на вхід інформацію про погодні умови, вологість ґрунту, а також фотографії рослин, зібрані людиною за допомогою смартфона або дрона та пропонує дії для покращення врожайності.*

Ключові слова: *захворювання рослин, система рекомендацій, машинне навчання, аналітика великих даних, Apache Spark.*

Tomato plant is grown in Ukraine for both internal use and exporting. The plant is vulnerable to a large number of diseases. Early detection of unsuitable weather conditions and plant disease spread is crucial to ensure high plant yields. Importantly environmental conditions and plant diseases should be considered at once to build an efficient decision-making system. In this work we propose to utilize Apache Spark, and its machine learning models for continuous monitoring of plant health and smart suggestions for

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

plant treatment. Spark is a widely used Big Data analytics tool that provides fast and scalable APIs for processing data from various sources.

The proposed system accepts several inputs: weather conditions, soil moisture, plant health. Numerical data preprocessing and normalization is performed using PySpark DataFrame API. DataFrames provide a high-level abstraction with simple and expressive operations such as filtering, grouping, aggregating, and joining datasets, while also providing advanced features like caching, persistence, and optimization. Plant health can only be estimated using visual information. Moreover, many of diseases with different root causes (bacterial, fungal, virus or related to soil conditions) might look similar. Therefore, a machine learning image classifier is built, that is based on Post-Train Adaptive neural network [1] that can distinguish between 9 classes of diseases. Post-Train Adaptive neural network has been shown as an efficient way to perform image classification and segmentation tasks in resource constrained environments [2]. Depending on available equipment photographs can be collected either using a smartphone or by aerial drone capture of the field. Features extracted from multiple in-the-field images are then used as an input to further stages of Apache Spark processing. Finally, Apache Spark MLlib Gradient boosting classifier is used on weather, soil conditions information joined with image features to generate smart suggestions on tomato plant treatment (or that plant is healthy, and no action is currently required). By iteratively combining weak decision trees, the Gradient Boosting algorithm can capture non-linear relationships and improve model accuracy through incremental learning. Gradient boosting classifier can efficiently combine environmental and image features. To train the classifier we have collected data from May to August 2024 in a farm in Dnipropetrovsk region of Ukraine. Collected cases have been labeled into classes: no action, plant pruning, fungicide, insecticide treatment, direct sunlight protection, reduction or increase in plant watering. These classes are used in the system's smart suggestions.

Conclusions. In this work tomato treatment smart suggestion system has been developed, that processes information about weather conditions, soil state, plant health and then suggests type of treatment. Experimentally, it has been shown that applying the suggestions can prevent tomato disease spread. We hope that the system will improve plant yield once widely deployed. The prospect of further research is to add smart suggestions for other plants growing in Ukraine.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1] Khabarлак K. Post-Train Adaptive MobileNet for Fast Anti-Spoofing // Proceedings of the 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security, Khmelnytskyi, Ukraine, March 23–25. Т. 3156. CEUR-WS.org, 2022. С. 44–53. (CEUR Workshop Proceedings). URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3156/keynote5.pdf>
- [2] Khabarлак K. Post-Train Adaptive U-Net for Image Segmentation. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. 2022. № 2. P. 73—78. DOI: 10.32782/IT/2022-2-8.

УДК 004.8

**ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ПРОГРАМНОГО
ДІАГНОСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ПОКАЗНИКІВ
ПЕРСОНАЛЬНИХ СОНЯЧНИХ СТАНЦІЙ**

Ph.D. N., Шибасва¹[0000-0002-7869-9953], Д. Шибасєв²[0000-0002-3260-5843]

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹nati.shibaeva@gmail.com, ²denshibaev@outlook.com*

**INTEGRATION OF MODERN SYSTEMS OF SOFTWARE
DIAGNOSTICS AND DATA ANALYSIS OF INDICATORS OF
PERSONAL SOLAR STATIONS**

Ph.D. N. Shybaieva, D. Shybaiev

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У роботі розглядається проблема зростання вартості традиційних енергоносіїв, таких як газ і вугілля, та пропонується встановлення домашніх сонячних електростанцій (СЕС) як ефективного рішення для зменшення залежності від зовнішніх постачальників енергії. Описуються ключові фактори, що впливають на ефективність сонячних електростанцій, зокрема інсоляція, хмарність, температура, опади та вітер. Пропонується створення сучасного програмного засобу для інтеграції СЕС з іншими системами розумного будинку, що дозволяє ефективніше управляти енергоспоживанням та забезпечувати автономність. Детально описуються етапи збору, обробки та візуалізації даних, а також використання машинного навчання для прогнозування ефективності систем*

***Ключові слова:** альтернативна енергетика, моніторинг, аналіз даних.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** The work examines the problem of the rising cost of traditional energy carriers, such as gas and coal, and proposes the installation of domestic solar power plants (SPPs) as an effective solution to reduce dependence on external energy suppliers. Key factors affecting the efficiency of solar power plants are described, including insolation, cloud cover, temperature, precipitation and wind. It is proposed to create a modern software tool for the integration of SES with other systems of a smart house, which allows more efficient management of energy consumption and ensuring autonomy. The stages of data collection, processing and visualization are described in detail, as well as the use of machine learning to predict system performance.*

***Keywords** alternative energy, monitoring, data analysis.*

У багатьох країнах спостерігається значне зростання вартості традиційних енергоносіїв, таких як газ і вугілля. Нестабільність на світовому ринку енергетики, викликана як економічними, так і геополітичними факторами, призводить до зростання цін на електроенергію. Встановлення домашніх сонячних станцій (СЕС) дозволяє зменшити залежність від зовнішніх постачальників енергії та стабілізувати витрати на енергозабезпечення. В умовах зростаючої уваги до енергетичної безпеки та незалежності, домашні сонячні станції надають можливість часткової або повної автономії від центральних електромереж. Це особливо актуально для регіонів з нестабільним електропостачанням або вразливістю до перебоїв. Сонячні панелі, в поєднанні з системами зберігання енергії (наприклад, акумуляторами), дозволяють забезпечити безперебійне постачання електроенергії в разі відключень. Сучасні технології дозволяють інтегрувати сонячні електростанції з іншими системами розумного будинку, що забезпечує ефективніше управління енергоспоживанням. Наприклад, використання системи моніторингу та управління дозволяє автоматично оптимізувати використання енергії на основі поточних потреб або погодних умов. Також активно розвиваються рішення для зберігання енергії, що дозволяє зберігати надлишкову енергію, вироблену вдень, для використання вночі [1].

Ключові фактори, які визначають цей вплив: інсоляція (сонячне випромінювання), хмарність, температура, опади та сніг, вітер. Однак, враховуючи розвиток технічних рішень та програмних засобів – є потреба з розробки сучасного програмного засобу, який дозволить поєднати різні логічні засоби використання СЕС та оптимізувати сценарії використання при різноманітних персональних потребах.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Важливою складовою веб-додатку є інтеграція з апаратним забезпеченням, зокрема з сонячними панелями, інверторами та акумуляторами. Для цього потрібно реалізувати можливість підключення додатку до IoT-пристроїв через різні комунікаційні протоколи, такі як MQTT, HTTP або WebSocket. Для забезпечення інтеграції з апаратним забезпеченням та зовнішніми сервісами (наприклад, погодними сервісами) доцільно використовувати RESTful або GraphQL API [2,3].

1. Збір даних з сенсорів та пристроїв. Сонячні панелі, інвертори та інші компоненти системи оснащуються сенсорами та IoT-пристроями, які збирають дані про різні параметри, такі як напруга, струм, температура, рівень заряду акумуляторів, поточна потужність генерації, стан окремих модулів тощо. Зібрані дані передаються в реальному часі на сервер веб-додатку через протоколи, такі як MQTT, HTTP або WebSocket.

2. Обробка даних на сервері. Дані, що надходять від IoT-пристроїв, зберігаються в базі даних на сервері. Серверний додаток обробляє ці дані для отримання ключових показників ефективності системи, виявлення відхилень від нормальної роботи та прогнозування можливих несправностей.

3. Візуалізація даних в реальному часі. Веб-додаток надає користувачу інтерфейс, де на інтерактивних дашбордах в режимі реального часу відображаються ключові показники роботи сонячної станції: потужність генерації, споживання енергії, стан акумуляторів, ефективність роботи сонячних панелей тощо. Якщо система виявляє будь-які відхилення від нормальної роботи, користувач отримує сповіщення на дашборді або через інші канали комунікації.

4. Управління в реальному часі: Веб-додаток дозволяє користувачу змінювати налаштування системи в режимі реального часу. Деякі процеси можуть бути автоматизовані на основі попередньо заданих сценаріїв [4].

Для розробки програмного засобу, оптимальними є такі технології, як HTML, CSS, JavaScript, а також популярні фреймворки, такі як React, Angular або Vue.js. Серверна частина (бекенд) займається обробкою даних, що надходять від клієнта, управлінням базою даних, а також взаємодією з апаратним забезпеченням та IoT-пристроями. Тут можна використовувати технології, такі як Node.js, Python (з фреймворками Django або Flask), або інші серверні рішення. Для

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

зберігання даних можуть використовуватися SQL-бази даних (наприклад, MySQL, PostgreSQL) або NoSQL-рішення (наприклад, MongoDB). Використання прогнозів погодних умов та їх інтеграція в управління сонячними станціями дозволяє не лише оптимізувати виробництво і споживання енергії, але й підвищити ефективність зберігання енергії. Це забезпечує надійність та стабільність роботи всієї системи, що в результаті призводить до зменшення витрат та підвищення енергетичної незалежності користувачів.

Література

- [1]. Мессенджер Р. Інженерія фотоелектричних систем / Р. Мессенджер, А. Абтахі. — Бока-Рагон: CRC Press, 2010. — 528 с.
- [2]. Борлейс С. Розумні мережі: інфраструктура, технології та рішення / С. Борлейс. — Нью-Йорк: CRC Press, 2012. — 611 с.
- [3]. Хасануззаман М. Система віддаленого моніторингу та контролю за допомогою IoT для розумних фотоелектричних сонячних систем / М. Хасануззаман, Р. Сайдур // Journal of Cleaner Production. — 2020. — Т. 256. — С. 120261.
- [4]. Кейхани А. Інтеграція відновлюваних джерел енергії в розумні мережі: проблеми та рішення / А. Кейхани // Renewable Energy. — 2017. — Т. 108. — С. 118-126.

УДК 004

**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ
ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ РІЗНОРІДНИХ ДАНИХ
ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ З РИЗИКІВ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСАМИ**

Д. Шведов^{1[0000-4322-1819-9633]}, Ph.D. М. Рудніченко^{2[0000-0002-7343-8076]},
М. Гежа^{3[0009-0006-3897-1832]}

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹denoutofspace@gmail.com, ²nickolay.rud@gmail.com,
³ngez.work@gmail.com*

**ANALYSIS OF MODERN DEEP LEARNING MODELS FOR
INTELLECTUAL ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF
HETEROGENEOUS DATA ON FINANCIAL MANAGEMENT
RISKS**

D. Shvedov, Ph.D. M. Rudnichenko, M. Gezha
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У даній роботі розглянуто особливості та можливості використання сучасних моделей глибокого навчання для інтелектуального аналізу різнорідних даних великих обсягів з ризиків управління фінансами на прикладі штучних нейронних мереж. Розглянуто популярні та ефективні види моделей, що мають потенціал до гібридизації з метою їх використання для практичних цілей.*

***Ключові слова:** глибоке навчання, інтелектуальний аналіз даних великих обсягів, оцінка ризиків.*

***Abstract.** This paper examines the features and possibilities of using modern deep learning models for the intellectual analysis of large amounts of disparate data on financial management risks using artificial neural networks as an example. Popular and effective types of models that have the potential for hybridization in order to use them for practical purposes are considered.*

***Keywords:** deep learning, analysis large data volumes, risk assessment.*

В даний час все більшої актуальності набувають складні моделі глибокого навчання, що імплементують підходи інтелектуального аналізу даних на базі використання штучних нейронних мереж (ШНМ). Це багато в чому пов'язано з тим, що різнорідний характер даних та їх великі обсяги, характерні для сучасної фінансової сфери, зокрема при управлінні фінансовими ризиками інвестицій та різні бізнес-проекти, не можуть бути проаналізовані в ручному режимі. У зв'язку з цим актуальним завданням є дослідження актуальних моделей глибоких нейромереж з метою виявлення можливих шляхів їх гібридизації з метою підвищення ефективності та швидкості аналізу даних [1]. В рамках аналізованої проблематики важливим аспектом аналізу даних під час управління фінансовими ризиками є візуальна аналітика, тобто застосування ШНМ для виявлення аномалій у торговельній статистиці цінних паперів, акцій чи інших фінансових активів, де обсяг даних є дуже великим (терабайти даних часових рядів). Тому з точки зору розпізнавання об'єктів на зображеннях в рамках завдання, що розглядається нами, найбільш перспективними є моделі ШНМ в силу їх топологічних відмінностей від класичних методів і популярних моделей машинного навчання. Моделі глибокого навчання (ГН) найчастіше є багатопаровими ШНМ або їх комбінації, здатні ефективно проводити автоматизовану процедуру навчання на великих обсягах різнорідних даних. Згідно до ряду літературних джерел

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

найбільш актуальними типами ШНМ, придатними для зазначеної задачі є [2]:

- Згорткові (CNN) моделі. Ці ШНМ, спеціально розроблені для обробки зображень, успішно застосовуються для аналізу зображень. Застосування згорткових шарів дозволяє ефективно витягувати просторові ознаки з кадрів відео чи окремих скріншотів різного рівня якості.

- Рекурентні моделі з довгою короткостроковою пам'яттю (LSTM). Вони здатні вловлювати залежності руху об'єктів на зображеннях, що корисно для аналізу тривалих потоків.

- 3D Згорткові моделі (3D CNN). На відміну від CNN, дані моделі здатні працювати з тривимірними даними, що можуть бути використані для розпізнавання об'єктів на зображеннях, де ключові дані містяться у трьох вимірах (висота, ширина та час).

- Двопотоківі моделі CNN. Даний тип ШНМ має дві частини – одна для просторового аналізу (RGB-зображення) та інша для тимчасового (оптичний потік). Об'єднання інформації з обох частин дозволяє покращити розпізнавання динамічних образів на зображеннях, зокрема спадів у торговій вартості активів.

- Моделі на базі механізму уваги. Механізми уваги можуть бути додані до моделей ШНМ для акцентування важливих ділянок зображень, що корисно при аналізі великих обсягів зображень різного рівня деталізації.

Таким чином, з точки зору потенціалу для створення гібридних моделей аналізу зображень про торгіву фінансову інформацію найбільш підходящими є CNN варіації ШНМ. Слід зазначити, що практично серед них досить популярні такі моделі [3]:

1. ResNet. Модель ResNet має таку особливість, що полягає в тому, що в її складі застосовуються блоки з залишковими з'єднаннями, які дозволяють моделі ефективніше навчатися глибоким уявленням, запобігаючи проблемі градієнтів, що загасають, при навчанні моделей ГН. ResNet широко використовується для завдань класифікації зображень, детекції об'єктів та семантичної сегментації.

2. Inception (GoogLeNet). Модель Inception, ключова риса якої полягає у використанні інцепційних блоків, що включають кілька паралельних операцій згортки з різними розмірами ядер, особливо

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

ефективна для вирішення завдань класифікації великих зображень і сегментації об'єктів на них.

3. VGGNet, імплементує механізм використання простих згорток 3 на 3 елементи у великій кількості шарів. Ця архітектура часто використовується передачі ознак в інші моделі, соціальній та задачах класифікації і детекції об'єктів [4].

Висновки. Таким чином, на базі проведеного аналізу специфіки моделей ШНМ у рамках сучасного ГН для завдань оцінки ризиків управління фінансовими потоками слід зауважити, що вони мають ряд потенціальних рис з можливостей гібридизації та переваг у порівнянні з іншими підходами для розпізнавання та класифікації об'єктів на зображеннях, зокрема це: можливості різного конфігурування елементів архітектур моделей у поєднанні з різними алгоритмами їхнього навчання, принципами обробки та підготовки вхідних даних; немає необхідності у проведенні процесів первісної формалізації наявних закономірностей у вхідних даних у ручному вигляді, у тому числі для явного визначення залежностей між ними; стійкість до наявності суперечливих та неоднорідних фрагментів даних при їх обробці та аналізі; можливості конфігурації моделей та адаптації для використання під різнорідні дані; автоматизація процесів трекінгу всіх етапів формування моделей, від створення, навчання, до тестування та розгортання у продакшні; підтримка можливостей організації розподіленого обчислювального процесу на основі паралелізму з використанням графічних адаптерів (відеокарт).

Література

1. Alexeev A. Using a Fully Connected Convolutional Network to Detect Objects in Images // A. Alexeev, Y. Matveev, G. Kukharev // JRAC. – 2018. – №5. – PP.141–146.
2. Yanxiang H. Deep Learning in Image Recognition / H. Yanxiang // Applied and Computational Engineering. – 2023. – №8. – PP. 61-67.
3. Alagulskhmi A. Image recognition and identification using machine learning / A. Alagulskhmi // Interantional journal of scientific research in engineering and management. – 2023. – №.3. – PP.1-9.
4. Shubhangi D. Study of Image Recognition Using Machine Learning / D. Shubhangi // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. – 2023. – №11. – PP.3229-3231.

UDC 004.8

LIMITATIONS OF MODERN LARGE LANGUAGE MODELS IN GENERATING COMPLEX STRUCTURED TEXTS

Ph.D. O. Potiienko^{1[0000-0002-0952-2281]}, Ph.D. S. Kosenko^{2[0000-0002-7082-564]4}

Odesa Polytechnic National University, Ukraine
EMAIL: ¹frumle@ukr.net, ²skosenko218@gmail.com

ОБМЕЖЕННЯ СУЧАСНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ГЕНЕРУВАННІ СКЛАДНИХ СТРУКТУРОВАНИХ ТЕКСТІВ

Ph.D. O. Потієнко, Ph.D. С. Косенко,

Національний університет “Одеська політехніка”

***Анотація.** Ця робота оцінює можливості сучасних мовних моделей у створенні наукових статей у високоспеціалізованій області науки. Аналіз 20 статей, отриманих з різними рівнями деталізації запитів, демонструє, що ці моделі зазвичай створюють всебічні огляди вже відомих знань, а не оригінальні ідеї чи нові гіпотези. В той час як вони ефективно узагальнюють відому інформацію, ці моделі не здатні генерувати нові висновки, навіть якщо вони є некоректними. Інші обмеження також виявляються в кількох ключових сферах: узгодженість у довгих наративах, точність у деталізованій та нюансованій інформації та адаптивність до спеціалізованих структур. В роботі розглядаються ці обмеження та обговорюються потенційні напрямки для покращення.*

***Ключові слова:** машинне навчання, обробка природної мови, мовні моделі, генерація тексту.*

***Abstract.** This work evaluates the capabilities of cutting-edge language models in generating scientific articles in highly specialized field of science. Analyzing 20 articles from prompts of varying detail, we find that these models generally produce comprehensive reviews of established knowledge rather than original ideas or novel hypotheses. While effective at summarizing known information, these models fall short in generating insights, even incorrect ones. Other limitations also manifest in several key areas: coherence over extended narratives, accuracy in detailed and nuanced information, and adaptability to specialized structures. This work reviews these limitations and discusses potential avenues for improvement.*

***Keywords:** machine learning, natural language processing, language models, text generation.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Modern large language models (LLMs) exhibit notable limitations when generating complex structured texts. Their primary challenge lies in maintaining coherence across intricate, multi-layered narratives. In the present work we used cutting-edge language models such as ChatGPT, Copilot, Llama, to generate scientific articles in highly specialized field of quantum physics. We generated and analyzed 20 articles using prompts with various detailization levels. The study demonstrates that the nowadays models exhibit limitations when tasked with producing scientific articles on specific topics. Rather than presenting genuinely original ideas or novel hypotheses (even incorrect ones), these models typically generate comprehensive reviews of existing knowledge. They tend to summarize well-established facts and concepts without contributing new insights or proposing innovative theories. This tendency arises because LLMs rely on patterns learned from vast amounts of existing literature, which constrains their output to reflect the current state of knowledge rather than advancing it. As a result, while LLMs can effectively synthesize and reframe known information, they are less capable of generating groundbreaking ideas or identifying errors in scientific discourse.

While LLMs excel at producing fluent and contextually relevant sentences, they often struggle with preserving logical consistency over extended passages, leading to fragmented or disjointed outputs. Large language models, such as GPT-3 and its successors, have revolutionized natural language processing by generating coherent and contextually relevant text across a range of applications. Despite their advances, LLMs encounter substantial difficulties when producing complex structured texts, such as scientific papers or intricate narratives. This work examines these limitations, with a focus on coherence, accuracy, and adaptability.

Maintaining coherence in long-form texts remains a significant challenge for LLMs. While these models can produce fluent text in short segments, they often struggle with ensuring logical consistency over extended narratives. Studies have shown that LLMs may produce text that lacks a coherent structure or internal consistency when generating lengthy documents [1]. This issue is partly due to the models' reliance on statistical patterns rather than deep understanding, leading to potential inconsistencies in long-form content [2]. Accuracy is another critical limitation. The models can misinterpret nuanced information or produce plausible but incorrect details, undermining the reliability of generated content. The accuracy of information generated by LLMs can be problematic, especially in

specialized domains requiring precise knowledge. LLMs may produce factually incorrect or misleading information, a phenomenon often described as "hallucination" [3]. This limitation arises because LLMs do not possess real-world knowledge but instead generate text based on patterns learned during training, which can result in plausible but incorrect statements [4]. Improving the accuracy of large language models (LLMs) when generating or processing large texts is an active area of research. Fine-tuning LLMs on domain-specific datasets can significantly improve their accuracy for large texts. By training models on specialized corpora that closely match the target domain (e.g., medical texts, legal documents, or scientific papers), LLMs can learn domain-specific terminology, styles, and nuances [5].

The adaptability of large language models (LLMs) to specialized structures, such as technical reports, legal documents, or scientific papers, presents a significant challenge and often reveals gaps in their training data or contextual understanding [6]. Specialized texts often have specific formats, terminologies, and structural conventions that differ markedly from general prose. Despite their broad training on diverse datasets, LLMs frequently struggle with the nuanced requirements of such structured formats. Addressing these challenges requires targeted improvements in model training and architecture. One approach is to fine-tune LLMs on domain-specific corpora that include examples of the desired formats and terminologies. Recent advances in incorporating structured data into the training process show promise. Other techniques such as "prompt engineering" and the use of structured datasets can improve the model's performance in generating specialized content. These methods involve designing prompts that guide the model to produce text in specific formats or to adhere to particular structural conventions.

Undoubtedly, the modern LLMs have made substantial progress in generating text across a variety of domains. However, their adaptability to specialized structures remains a significant challenge. Enhancing their ability to produce accurate, coherent, and well-structured content in specialized formats requires ongoing research and refinement of training techniques. Future advancements in fine-tuning, prompt engineering, and integration of structured data are crucial to overcoming these limitations.

References

[1]. Cho, W. S., Zhang, P., et al. Towards Coherent and Cohesive Long-form Text Generation (Version 2). arXiv:1811.00511, 2018.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2]. J. W. Rae et al. Scaling Language Models: Methods, Analysis & Insights from Training Gopher. arXiv:2112.11446, 2021.

[3]. Ji, Ziwei et al. Survey of Hallucination in Natural Language Generation. ACM Computing Surveys 55, 12 (248), 2022.

[4]. L. Huang et al. A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions. arXiv:2311.05232. 2023.

[5]. P. Lewis et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. ArXiv:2005.11401. 2020.

[6]. B. Van Aken. Exploration and adaptation of large language models for specialized domains. Hannover: Institutionelles Repositorium der Leibniz Universität Hannover, 2023, doi: 10.15488/15781.

UDC 004.9

**THE CLUSTER ANALYSIS DATA PREPROCESSING ON THE
EXAMPLE OF STUDENT INTAKE FOR THE APPLIED
MATHEMATIC SPECIALIZATION IN UKRAINE**

A. Matychenko^[0009-0009-7894-4734], **Dr.Sci. M. Polyakova**^[0000-0001-7229-7657],
Ph.D. N. Rudnichenko^[0000-0002-7343-8076]

*Odesa Polytechnic National University, Ukraine
EMAIL: matychenko.8089532@stud.op.edu.ua*

**ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ДАНИХ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ НА
ПРИКЛАДІ НАБОРУ СТУДЕНТІВ НА СПЕЦІАЛІЗАЦІЮ
ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ В УКРАЇНІ**

A. Матиченко, Dr.Sci. М. Полякова, Ph.D. Н. Рудніченко
Національний університет «Одеська політехніка», Україна

***Abstract.** In this work using exploratory data analysis we will examine the students entering the specialty of applied mathematics in Ukraine. The focus is on a comparative analysis of the selection criteria used by different educational institutions. Both quantitative indicators and qualitative aspects are discussed. This stage is important for understanding and subsequent clustering of students.*

***Keywords:** enrollment, analysis, applied mathematics*

***Анотація.** У даній роботі за допомогою дослідницького аналізу даних буде досліджено студентів, які вступають на спеціальність прикладна математика в Україні. Основна увага зосереджена на порівняльному аналізі критеріїв відбору, які використовують різні навчальні заклади.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

Обговорюються як кількісні показники, так і якісні аспекти. Цей етап важливий для розуміння та подальшого кластеризування учнів.

Ключові слова: *зархування, аналіз, прикладна математика*

Every year there is a process of selection of students to higher education institutions, where applicants must decide which university they would like to enter. There are many criteria at the selection stage. In conditions of high competition and a limited number of places in universities, the development and application of effective methods for selection becomes an urgent task. After the introduction of ZNO in Ukraine, universities use the same criteria and approaches to determine the most promising candidates. In 2024, the Applied Mathematics specialization at Odessa National Polytechnic University showed the lowest number of received students. Given this situation, I find it interesting to compare the data between ONU, ONPU, LNU, KPI, and other universities. The first step is collecting data from the website [1]. With some manipulation, we obtained the following table, which contains main information about criteria at the selection stage. This table contains data on students entering universities from 2018 to 2024. Here you can find both student grades and admission priority, which university and which specialization. In Ukraine, there are several specializations in Applied mathematics from advanced statistics to programming and artificial intelligence. Using this table 1, additional graphs were derived for data visualization and further analysis.

Table 1. Main information at the selection stage.

ID	Year	Specialization	University	Country	Admission Priority	Number of Students	Admission Priority	Number of Students	Admission Priority	Number of Students					
532104993	184,492	20th course (1)	Faculty 1	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	170,000	Україна	100,000	Україна	100,000
573700428	118,3	20th course (1)	Faculty 1	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	140,000	Україна	100,000	Україна	-1,000
540072040	184,5	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	200,000	Україна	100,000	Україна	200,000	
521754032	181,439	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	184,000	Україна	100,000	Україна	184,000	
117700540	184,5	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	182,000	Україна	100,000	Україна	-1,000	
844474031	181,714	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	200,000	Україна	100,000	Україна	184,000	
180220812	187,612	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	180,000	Україна	100,000	Україна	185,000	
497124008	181,337	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	200,000	Україна	100,000	Україна	184,000	
228180881	181,134	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	180,000	Україна	100,000	Україна	179,000	
164204117	181,442	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	184,000	Україна	100,000	Україна	175,000	
42939122	182,846	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	180,000	Україна	100,000	Україна	181,000	
6194714	182,714	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	200,000	Україна	100,000	Україна	184,000	
841704452	182,308	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	180,000	Україна	100,000	Україна	185,000	
28101434	182,871	20th course (1)	Donetsk	2024	100	Університет	Україна	100,000	Математика	184,000	Україна	100,000	Україна	186,000	

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

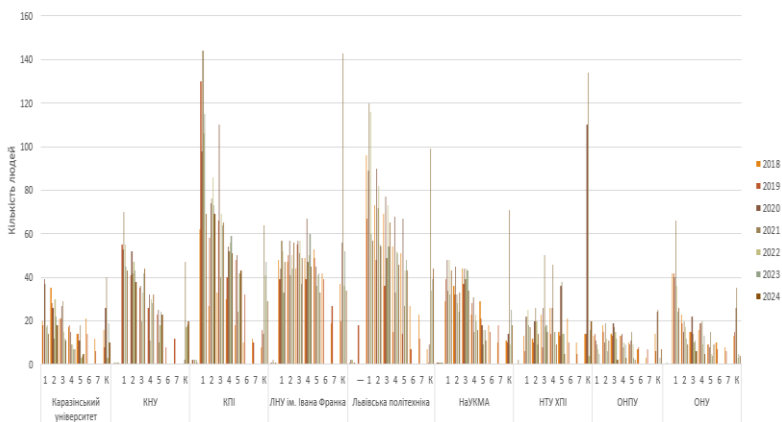


Figure 1. Priority admission to various universities 2018-2024

On this graph, you can see how the interest of entrants to different universities changed depending on the year. The largest number of people willing to join the budget in КПІ. This choice does not change during 2018-2024. Then there are less popular universities such as КНУ and наУКМА. Students are the least interested in entering Каразінський університет and ОНПУ.

Due to the popularity of some universities, it was interesting to compare how much the number of admitted students differs from the total number of applications submitted. For this purpose, tables were calculated in percentage ratio. It is clear that there are small differences when comparing the data in the tables. For greater clarity, we will display graphs based on the data in the tables.

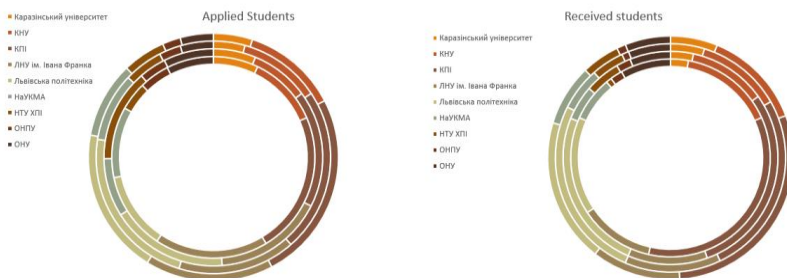


Figure 2. Visualization applied and received students depending on year

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The data for these graphs were selected for 2019, 2021, 2022, 2023. These graphs confirmed previously noted facts such as the popularity of Kyiv and Lviv universities among students. Most of them try to enroll there. Since the number of budget places is greater, the majority passes. Against this background, HaYKMA stands out. There can be two explanations for this: either high competition or a small budget.

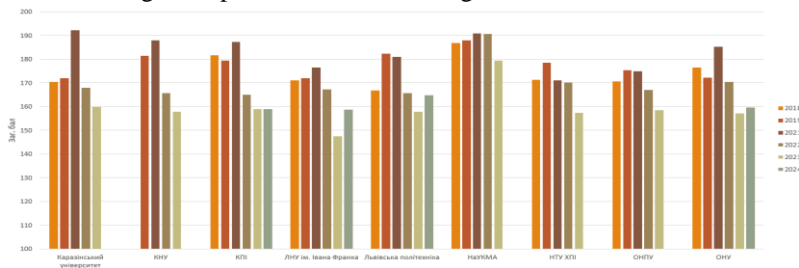


Figure 3. Visualization applied and received students depending on year

On this graph, you can see how the difficulty of admission of entrants to different universities depends on the year. It can be seen that depending on the year, the passing score for the budget changes a lot. If in 2018, 2019 and 2021, the highest and lowest were in the universities of NaUKMA, KNU and KPI. It's already 2023 and 2024, the difference between the scores is very small. This factor could be influenced by a full-scale war in Ukraine. Due to the difficulties of learning in this period.

Conclusions. On the basis of this analysis, the main criteria for the selection and enrollment of students in a specialty at universities were analyzed. This analysis will be used for subsequent clusterization based on existing aglorhythms from [2].

References

- [1]. <https://abit-poisk.org.ua/>
- [2]. Matychenko Anastasiia, Rudnichenko Nickolay. Analysis of clustering methods for data labeling/ Artificial intelligence in science and education (AISE 2024), 2024, p. 552

УДК 004

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ У ІТ-ПРОЄКТАХ

О. Березорущка¹, Ph.D. М. Рудніченко², Ph.D. Т. Кунуп³
Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹av.golberg@gmail.com, ²nickolay.rud@gmail.com, ³kuv@gmail.com

USING MACHINE LEARNING TO ASSESS AND PREDICT EMPLOYEE PRODUCTIVITY IN IT PROJECTS

O. Berezorutska, Ph.D. M. Rudnichenko, Ph.D. T. Kunup
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У даній роботі розглянуто підхід до оцінки продуктивності працівників у ІТ-проєктах, який поєднує кількісні, якісні та психосоціальні показники. Це реалізується за допомогою алгоритмів машинного навчання, що враховують зважені показники. Особлива увага приділяється застосуванню таких алгоритмів для створення прогнозів та рекомендацій, як регресія, класифікація та нейронні мережі.*

***Ключові слова:** оцінка продуктивності, ІТ-проєкти, машинне навчання, зважені показники.*

***Abstract.** This paper explores an approach to evaluating employee performance in IT projects that combines quantitative, qualitative, and psychosocial indicators. This is achieved through the use of machine learning algorithms that take weighted indicators into account. Special attention is given to the application of algorithms such as regression, classification, and neural networks for generating forecasts and recommendations.*

***Keywords:** performance evaluation, IT projects, machine learning, weighted indicators.*

У сучасному управлінні ІТ-проєктами важливою задачею є оцінка продуктивності працівників. Цей процес допомагає зрозуміти, як обсяг роботи та темпи виконання завдань співвідносяться із кінцевими результатами проєкту [3]. Звичайні методи, що базуються виключно на кількісних показниках, не завжди відображають реальну продуктивність, оскільки не враховують такі аспекти, як залученість

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

працівника, його індивідуальні психологічні характеристики, а також баланс між роботою та особистим життям. Залученість працівників до проекту, аналіз їхньої активності у командних зустрічах, взаємодії з іншими членами команди, кількість внесених пропозицій та активність у вирішенні проблем допомагає оцінити, наскільки працівник інтегрований в проєкт та як він сприяє розвитку команди. Врахування особистих особливостей працівника, включаючи його темперамент, психологічний стан, рівень стресу та баланс між роботою і особистим життям, дозволяє персоналізувати його оцінку продуктивності, враховуючи індивідуальні потреби, що зменшує ризик вигорання та підвищує загальну мотивацію. Для надання індивідуальних та командних рекомендацій у системі прийняття рішень для управління проєктами пропонується застосовувати підхід до оцінки продуктивності, який поєднує кількісні, якісні та психосоціальні показники та реалізується завдяки алгоритмам машинного навчання (ML). Модульна архітектура системи оцінки продуктивності працівників у IT-проєктах передбачає розділення оцінки на кілька взаємопов'язаних модулів, кожен з яких фокусується на певному аспекті продуктивності для прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень. Цей підхід передбачає використання різних типів даних, зібраних з проєктних дошок, систем відстеження задач, а також даних про працівників, зокрема: когнітивно-економічний модуль - кількість виконаних задач, відповідність строкам, складність задачі, тривалість виконання задачі, якість виконання (оцінена керівником); психосоціальний модуль - рівень залученості у проєкт, взаємодія з іншими членами команди, активність у командних зустрічах, психологічні профілі працівників (визначені на основі тестів), показники work-life balance. Крім того, зважені показники вводяться в систему оцінки продуктивності для того, щоб відобразити різну важливість окремих аспектів продуктивності у контексті конкретного проєкту [2]. Зважені показники дозволяють балансувати між різними метриками, що важливі для успіху проєкту. Гнучка конфігурація цих показників дозволяє системі бути адаптивною до змін у проєкті або процесах. Це означає, що при зміні умов роботи або цілей проєкту можна оперативнo скорегувати вагові коефіцієнти, щоб система відображала нові пріоритети. Таким чином, зважені показники забезпечують більш точну та релевантну оцінку продуктивності, адаптуючись до контексту проєкту. Такий комплексний підхід до

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

оцінки продуктивності дозволяє враховувати багатогранність роботи в IT-проектах, отримувати динамічні прогнози та створювати індивідуальні та командні рекомендації. Алгоритм машинного навчання повинен вміти обробляти ці різноманітні дані, зокрема як числові показники, так і текстову інформацію, оцінки та інші метрики для аналізу й прогнозування майбутньої продуктивності [1]. Він враховуватиме історичні дані, виявлятиме тенденції та патерни і на основі цього формуватиме рекомендації щодо покращення роботи кожного працівника та команди в цілому. Для досягнення цих цілей застосовується комбінований підхід, що включає різні моделі машинного навчання. Моделі регресії використовуються для прогнозування кількісних показників продуктивності, таких як час виконання завдань чи кількість завершених задач. Регресійні моделі можуть передбачити, як зміни в певних показниках вплинуть на загальний результат продуктивності, що допомагає в плануванні та коригуванні робочих процесів. Класифікаційні моделі допомагають аналізувати якісні дані, наприклад, активність працівника на зустрічах або рівень їхньої залученості до проекту. Ці моделі дозволяють класифікувати працівників за певними критеріями і виявляти патерни, що впливають на продуктивність. Методи кластеризації використовуються для групування працівників на основі їхніх особистих характеристик, таких як темперамент чи рівень work-life balance. Це дозволяє створити персоналізовані підходи до оцінки продуктивності, адаптуючи методи управління та підтримки до специфічних потреб кожної групи. Для обробки складних задач та аналізу великих обсягів даних можна використовувати нейронні мережі, які здатні виявляти складні патерни і взаємозв'язки в даних, що може суттєво покращити точність прогнозів і рекомендацій [1]. Це особливо корисно для обробки непередбачуваних або неструктурованих даних, а також для глибокого аналізу результатів.

Реалізація цих моделей у проекті може бути здійснена за допомогою сучасних бібліотек та фреймворків машинного навчання, які інтегруються з платформою .NET. Це забезпечує ефективну обробку даних та автоматизацію процесу оцінки продуктивності, сприяючи досягненню загальних цілей проекту та покращенню результатів роботи команди.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Література

- [1]. Gandomi A. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics // A. Gandomi, M. Haider // International Journal of Information Management. – 2015. – №2. – PP. 137–144. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>.
- [2]. Li H. Harnessing AI for Project Risk Management: A Paradigm Shift // H. Li, A. Nedjati, R. Moradi // Progressive Decision-Making Tools and Applications in Project and Operation Management. – 2024. – PP. 253–272. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51719-8_16.
- [3]. Tanasescu L. G. Data Analytics for Optimizing and Predicting Employee Performance // L. G. Tanasescu // Applied Sciences. – 2024. – №8. – PP. 3254. URL: <https://doi.org/10.3390/app14083254>.

УДК 004

**КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ
ДАНИХ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО
НАВЧАННЯ**

В. Бєлянська^{1[0000-0002-6302-1832]}, **О. Вичужанін**^{2[0000-0001-8779-2503]}

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: belyanskaya00000@gmail.com, ²vychuzhanin.o.v@op.edu.ua*

**KEY ASPECTS OF ENVIRONMENTAL DATA ANALYSIS AND
EVALUATION BASED ON THE USE OF MACHINE LEARNING
METHODS**

V. Belyanska, O. Vychuzhanin

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Анотація. У статті визначено основні риси та аспекти проблематики аналізу та оцінки екологічних даних на базі використання методів машинного навчання. Аргументовано застосування алгоритмів інтелектуального аналізу даних для автоматизації процесу пошуку взаємозв'язків між вхідними ознаками та параметрами даних

Ключові слова: аналіз даних, машинне навчання, екологічні дані.

Abstract. The article defines the main features and aspects of the problem of analysis and assessment of environmental data based on the use of machine learning methods. The use of intelligent data analysis algorithms to automate the process of finding relationships between input features and data parameters is argued.

Keywords: data analysis, machine learning, environmental data.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Сучасні антропогенні чинники, що є складні і різноманітні впливу, дедалі більше негативно впливають екологічну рівновагу і загальний рівень техногенної навантаження, що, своєю чергою, погіршує стан здоров'я [1]. Неконтрольоване забруднення навколишнього середовища хімічними та біологічними відходами, спричинене недостатньо ефективною та незбалансованою організацією виробничих процесів у різних секторах економіки, включаючи промисловість, збільшує ризик виникнення у населення хронічних, алергічних, бактеріальних та інших захворювань. Це знижує як загальний імунітет, і середню тривалість життя [2]. У світлі цієї проблеми зростає значення регулярного та строго регламентованого моніторингу ступеня забрудненості різних територій. Такий моніторинг має враховувати безліч факторів та надавати оцінку критичності екосистем з точки зору можливої шкоди здоров'ю населення [3]. Складність цього процесу обумовлена необхідністю проведення широкого спектра вимірювань з використанням різних датчиків, сенсорів та спеціалізованих детекційних пристроїв для оцінки рівня забруднення [4]. Поряд з цим, значну роль відіграють процеси збору, обробки та аналізу даних, для яких характерні великі обсяги та висока різноманітність інформації, що отримується у різні періоди часу. Це призводить до складності виконання цих процесів вручну, що робить автоматизацію невід'ємним елементом. Оцінка рівня впливу негативних екологічних факторів на здоров'я населення є складним завданням, особливо при ручній обробці даних, зважаючи на їх неоднорідність, великий обсяг і присутність різних трудноформалізованих ознак (соціальних, виробничих, антропогенних, природних аномалій та інших). У зв'язку з цим раціональним підходом до автоматизації оцінки значущості впливу забруднюючих речовин на виникнення та розвиток захворювань, а також для прогнозування ризиків їх впливу є методи машинного навчання (МН). МН на сучасному етапі є інтегрованою науковою дисципліною, що поєднує елементи математики, теорії ймовірностей, статистики, а також аспекти теорії оптимізації, дискретного моделювання, чисельних методів і методів обробки даних. Основною сферою застосування МН є виявлення прихованих закономірностей у даних та генерація нових знань на їх основі. Сучасні моделі машинного навчання інкапсують різноманітні методи навчання, серед яких:

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

1. Аналітичне навчання. Цей підхід полягає у побудові моделі МН на основі формалізованих знань експертів. Він є особливо актуальним для створення прикладних систем підтримки прийняття рішень (СППР) та об'єктно-орієнтованих експертних систем (ЕС).

2. Статистичне навчання. У цьому підході моделі машинного навчання будуються на основі збору, обробки, стиснення та перетворення даних, отриманих у результаті статистичного обліку емпіричної інформації від спеціалізованих систем, датчиків чи операторів, які фіксують дані вручну чи автоматично. Цей метод є кращим для розв'язуваного завдання, оскільки він має високий ступінь універсальності і дозволяє автоматизувати процеси очищення даних, що допомагає мінімізувати спотворення через людський фактор.

3. Комбіноване навчання. Цей підхід є гібридним поєднанням статистичного та аналітичного методів машинного навчання. Він є найбільш складним, оскільки потребує інтеграції різних підходів та моделей, що не завжди призводить до позитивних результатів через складність їхньої синхронізації та взаємного впливу.

Сучасні алгоритми та підходи машинного навчання (МН), які застосовуються для прикладних завдань та підходять для аналізу екологічних даних, можна класифікувати за чотирима основними типами навчання:

1. МН з учителем. Цей підхід є найбільш популярним і доцільним для нашої задачі, оскільки початковий набір вхідних даних проходить розмітку вручну або в напіваавтоматичному режимі. Це дозволяє точно оцінити рівень взаємної кореляції між даними, що підвищує точність і надійність моделі.

2. МН без учителя. Головною відмінністю цього підходу є те, що навчання відбувається без попередньої розмітки даних. Такий метод дозволяє аналізувати дані на основі виявлення і оцінки найбільш значущих зв'язків за ступенем близькості між різними діапазонами даних. Це корисно для виявлення прихованих структур і аномалій у даних.

3. МН із частковим залученням учителя: Цей підхід є гібридом попередніх двох, де моделі навчаються на невеликому обсязі чітко розмічених даних (10-30%), тоді як інші дані спочатку не мають розмітки. Розмічені записи використовуються для фрагментарного навчання моделей, після чого створена модель автоматично виконує розмітку решти даних, фактично реалізуючи процес псевдомаркування.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

4. Навчання з підкріпленням: У цьому випадку початкова розмітка даних не проводиться, оскільки набори даних для навчання моделей генеруються динамічно із зовнішнього середовища. В даному підході імплементується механізм автоматичної винагороди моделей на основі сукупності виконаних дій, що дозволяє моделі адаптуватися та вдосконалюватися в процесі взаємодії зі змінними умовами середовища.

Висновки. Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать про доцільність використання машинного навчання з вчителем для завдань аналізу екологічних даних.

Література

[1]. Rong G., Kaiwei T., Zhijun L., Xingpeng Z., Jiquan Z., Li T. Population amount risk assessment of extreme precipitation-induced landslides based on integrated machine learning model and scenario simulation / *Geoscience Frontiers*. – 2023. – №14.

[2]. Alizadeh M., Noori R., Omidvar B., Nohegar A., Pistre S. Human health risk of nitrate in groundwater of Tehran–Karaj plain, Iran / *Scientific Reports*. – 2024. – №14.

[3]. Ermolaeva S., Khisamutdinov D. Evaluation of environmental and public health status under anthropogenic disturbance / *Medico-biological Journal*. – 2023. PP.145-154.

[4]. Bataresh F.A. *Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development, and Knowledge Engineering*. - London : Academic Press, 2020. – 266 p.

УДК 004

**ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ
ВІДЕОПОТОКІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ВИРОБНИЧІЙ
БЕЗПЕЦІ**

Р. Грачов^{1[0009-0006-3897-1832]}, **Ph.D. М. Рудніченко**^{2[0000-0002-7343-8076]}

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹lightning1roma@gmail.com, ²nickolay.rud@gmail.com*

**USING MACHINE TECHNOLOGY TO ANALYZE VIDEO
STREAMS AND DETECT ANOMALIES IN VIDEO
SURVEILLANCE**

R.Grachov, Ph.D. M.Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У цій роботі розглядається застосування методів машинного навчання для обробки відеопотоків з метою ідентифікації потенційних небезпек та аномалій на виробничих об'єктах. Досліджується, як дані технології можуть підвищити ефективність систем безпеки, мінімізувати ризики та запобігти можливим подіям, забезпечуючи при цьому дотримання норм приватності та етики.*

***Ключові слова:** відеоаналіз, машинне навчання, автоматизація безпеки*

***Abstract.** This paper considers the application of machine learning methods for processing video streams in order to identify potential hazards and anomalies at production facilities. It investigates how these technologies can improve the effectiveness of security systems, minimize risks and prevent possible events, while ensuring compliance with privacy and ethical standards.*

***Keywords:** video analysis, machine learning, security automation.*

У сучасному світі, де технологічний прогрес стрімко змінює вигляд виробництва, питання безпеки праці стають все більш актуальними. Застосування машинного навчання (МН) на робочих місцях відкриває нові горизонти для запобігання професійним ризикам та нещасним випадкам. Складність застосування алгоритмів МН у сфері робочої безпеки обумовлена безліччю факторів. По-перше, необхідно забезпечити високу точність і надійність систем, здатних оперативно реагувати на умови, що змінюються, і потенційні загрози в динамічному виробничому середовищі. По-друге, важливо враховувати етичні аспекти використання подібних систем, такі як питання спостереження за співробітниками та їх права на особисту недоторканність. Наукова спільнота та практики постійно шукають оптимальні шляхи інтеграції МН у системи забезпечення безпеки. Дослідження у галузі систем обробки відеопотоку на основі машинного навчання відкриває нові можливості підвищення рівня безпеки на виробничих об'єктах. Ці системи використовують алгоритми комп'ютерного зору для аналізу відеоданих у реальному часі, що дозволяє оперативно ідентифікувати потенційні небезпеки та запобігати аварійним ситуаціям до їх виникнення. Основні аспекти впровадження систем обробки відеопотоку: 1. Технологічна інфраструктура. Для реалізації систем обробки відеопотоку потрібна наявність сучасного обладнання, включаючи високоякісні відеокамери та сервери з достатньою обчислювальною потужністю для обробки великих обсягів даних. Також важливою є інтеграція з існуючою ІТ-

інфраструктурою на підприємстві. 2. Алгоритми комп'ютерного зору. Застосовуються різні техніки машинного навчання, включаючи навчання з учителем та без вчителя, для розпізнавання об'єктів, осіб, жестів чи незвичайних подій. Конволюційні (CNN) та рекурентні нейронні мережі (RNN) часто використовуються для аналізу відеопотоку в задачах, пов'язаних з безпекою. 3. Забезпечення приватності та захисту даних. Необхідно приділяти увагу захисту персональних даних співробітників та дотримання законодавства про приватність. Розробка та впровадження систем мають відбуватися з урахуванням стандартів та законних вимог [1].

Сучасні алгоритми машинного навчання, які застосовуються для вирішення завдань у системах забезпечення безпеки: 1. CNN для аналізу відео та розпізнавання об'єктів. CNN є основним інструментом у галузі комп'ютерного зору, завдяки своїй здатності ефективно обробляти зображення та відео. Основний принцип роботи CNN полягає у використанні згорткових шарів, які автоматично та ітеративно витягують важливі ознаки з зображень без необхідності попереднього та явного завдання цих ознак людиною. Ці мережі використовують різні фільтри (ядра згортки), які сканують зображення або відеокадр та створюють карти ознак, виділяючи такі елементи, як краї, кути, текстури [2]. У контексті відеоаналізу, CNN можуть навчатися на великих наборах даних для розпізнавання об'єктів, відстеження їх рухів і навіть для виконання складніших завдань, таких як семантична сегментація сцени. Особливо важливою є здатність CNN обробляти послідовні кадри відео, що дозволяє використовувати тимчасову інформацію для точного розпізнавання динамічних об'єктів. 2. Рекурентні нейронні мережі (RNN), включаючи LSTM та GRU, для аналізу тимчасових послідовностей та передбачення дій на основі попереднього контексту. RNN спеціалізовані на обробці послідовностей даних, де вихід мережі залежить не тільки від поточного входу, але і від попереднього стану мережі. Це робить їх ідеальними для завдань, пов'язаних із тимчасовими рядами, таких як аналіз відео, де контекст попередніх кадрів важливий для розуміння поточної дії. LSTM (Long Short-Term Memory) [3] та GRU (Gated Recurrent Units) є покращеннями стандартної RNN, призначеними для боротьби з проблемами згасання або вибуху градієнтів, що робить їх особливо придатними для обробки довгих послідовностей даних. У контексті відеоаналізу, LSTM може бути використана для

передбачення наступних дій або подій на основі попередньої активності, наприклад, визначення ймовірності виникнення певних подій на основі дій персонажів. 3. Автоенкодера для виявлення аномалій та незвичайних подій на відеою. Автоенкодера - це тип нейронних мереж, який використовується для стиснення даних з подальшим їх відновленням. Автоенкодера складаються з двох частин: кодера, який стискає вхідні дані до меншого уявлення, та декодера, який відновлює дані назад до вихідного формату[4]. Помилка відновлення може використовуватися визначення аномалій: що вище помилка, то ймовірніше, що дані відхиляються від " нормальних ". У контексті відеоспостереження автоенкодера можуть навчатися на "нормальних" відеоданих, щоб потім виявляти аномальні події, які не відповідають навчальному набору. Наприклад, у системах безпеки автоенкодера можуть виявляти незвичайну поведінку або інші відхилення від норми, такі як несанкціонований доступ на територію, що охороняється. Отже, машинне навчання перетворює засоби безпеки на робочих місцях, надаючи потужні інструменти для аналізу відеоданих. Конволюційні нейронні мережі ефективно розпізнають об'єкти та аналізують відеопотоки, рекурентні нейронні мережі, включаючи LSTM та GRU, дозволяють аналізувати тимчасові послідовності та передбачати дії, а автоенкодера успішно виявляють аномалії та незвичайні події. Впровадження цих технологій сприяє не тільки підвищенню безпеки, а й оптимізації моніторингових систем на виробництві, що робить виробничі процеси більш безпечними.

Література

- [1]. Parikh D., Radadia S. Privacy-Preserving Machine Learning Techniques, Challenges And Research Directions / International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2024. – №2.
- [2]. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks / University of Toronto. – 2012. – №4.
- [3]. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory / Neural Computation. – 1997. 32p.
- [4]. Sakurada M., Yairi T. Anomaly detection using autoencoders with nonlinear dimensionality reduction. - Proceedings of the 2nd Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis, 2014. – PP.4-11.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

УДК 004

**РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТУ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ
АНАЛІЗУ ДАНИХ ВИЯВЛЕННЯ DDOS-АТАК**

Д.Тимовський^{1[0000-7809-0601-1255]}, Ph.D. С. Гришин^{2[0000-0178-1367-7311]},
Ph.D. Т. Отрадська^{3[0000-4885-9938-0921]}

Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹denistymovskiy@gmail.com, ²grishinsegrii@gmail.com, ³tv64@ukr.net

**DEVELOPMENT OF THE PROJECT CONCEPT OF THE
SOFTWARE MODULE FOR DATA ANALYSIS OF DETECTION OF
DDOS ATTACKS**

D. Tymovskiy, Ph.D. S. Hryshyn, Ph.D. T. Otradska

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У даній роботі запропоновано та описано концепцію проекту програмного модуля аналізу даних виявлення DDOS-атак, розглянуто особливості використання моделей штучних нейронних мереж для пошуку прихованих закономірностей в даних, наведено характеристику обрану для навчання та тестування моделей набору даних.*

***Ключові слова:** штучні нейронні мережі, виявлення DDOS-атак, кібербезпека.*

***Abstract.** This paper proposes and describes the concept of the software module project for data analysis of DDOS-attack detection, considers the features of using artificial neural network models to search for hidden patterns in data, and gives the characteristics selected for training and testing data set models.*

***Keywords:** artificial neural networks, detection of DDOS attacks, cyber security.*

В даний час спостерігається стійка тенденція у збільшенні обсягів даних в мережі Інтернет і в локальних мережах середніх і великих організацій і підприємств. Це багато в чому пов'язано з підвищенням загальної кількості використовуваних співробітниками для виробничих та операційних потреб онлайн-сервісів, систем, веб-сайтів та додатків, заснованих на розподіленій, зокрема, клієнт-серверній архітектурі [1].

У зв'язку з одночасним використанням десятків і сотень програмних служб, додатків у робочому оточенні кожного хоста в мережевий інфраструктурі організації для роботи співробітника, зростає необхідність якісного та цільового автоматизованого

моніторингу даних, що передаються як в рамках локальної мережі, так і в саму мережу Інтернет [2]. В першу чергу це необхідно для забезпечення безпеки операційних, технічних, фінансових та інших даних, що зберігаються в організації і є цінністю для повноцінного використання можливостей комп'ютерних мереж [3]. При цьому найбільш критичною та вразливою ланкою стають автоматизовані інформаційні системи (АІС) та їх компоненти (бази даних, форми обробки інформації, звіти), доступ та передача даних, у яких мають бути забезпечені в захищеному режимі [4]. У контексті аналізованої проблематики актуальним трендом є використання апарату штучних нейронних мереж (ШНМ) для автоматизації процесу пошуку та виявлення прихованих закономірностей у даних, у тому числі не явних ознак DDOS атак. Навчання ШНМ є комплексним і досить складним процесом, у якому різні зв'язки та параметри ШНМ налаштовуються шляхом моделювання середовища, що формує нейромережу. Тип навчання моделі в першу чергу визначається порядком та способом підстроювання цих параметрів. ШНМ можуть навчатися на основі використання інформації про тестові приклади (з учителем) або без такої, заздалегідь відомої інформації (без вчителя) [5]. В даний час серед існуючих систем аналізу та виявлення DDOS-атак відсутні можливості вибору, створення, тонкого налаштування та оцінки якості моделей машинного навчання та штучних нейронних мереж, зокрема. У зв'язку з цим є доцільним розробка власного програмного забезпечення на базі використання ШНМ, що реалізує можливості: імпорту вхідних даних; вибору необхідних моделей машинного навчання та штучних нейронних мереж; зміни параметрів та побудови моделей; оцінки метрик якості навчання моделей; збереження результатів для подальшого використання. У процесі роботи програмне забезпечення має оперувати такою інформацією, як: вхідні набори векторів вхідних ознак та цільової (вихідної) змінної, значеннями гіперпараметрів моделей, алгоритмами навчання моделей штучних нейронних мереж та даними за метриками їх оцінок. Як джерело даних використаний набір CSE-CIC-IDS2018 [30] загальний обсяг вибірки становить близько 6 Гб. Цей набір даних був створений Університетом Нью-Брансуїка для аналізу даних DDOS в 2018 році. Сам набір даних був заснований на журналах серверів університету, на яких було виявлено різні DoS-атаки протягом усього загальнодоступного періоду. До нього входить 78 вхідних ознак і

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

вихідна змінна Label, що має 2 домінуючі класи: наявність атаки (DDoS attack-Hulk) та її відсутність (Benign). З метою забезпечення можливості дослідження даного набору даних в умовах обмежених обчислювальних можливостей прийнято рішення щодо формування репрезентативної вибірки на 100 000 записів, на підставі якої будуть побудовані моделі МО. Розроблений програмний модуль має наступний функціонал: обробка вхідних наборів даних, формування каркасу моделі ШНМ, її серіалізація та десеріалізація, подача нових вхідних даних на вхід сформованої моделі для вирішення задачі класифікації. В результаті виконання даної роботи створена концепція проекту програмного модуля аналізу даних виявлення DDOS-атак, який має функціональний склад для побудови та використання моделей ШНМ, через що завдання пошуку потенційних уразливостей у системі стає автоматизованим. Подальшим кроком дослідження є створення власної моделі ШНМ та її тестування на нових наборах даних.

Література

- [1]. Ojugo A. Forging a deep learning neural network intrusion detection framework to curb the distributed denial of service attack / A. Ojugo, R. Yoro // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2021. – №11. – PP.1498-1509.
- [2]. Jia W. Detection Mechanism Against DDoS Attacks based on Convolutional Neural Network in SINET / W. Jia, Y. Liu, Y. Liu, J. Wang // 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC). – 2020. – PP. 1144-1148.
- [3]. Nayyar S. Recurrent Neural Network Based Intrusion Detection System / S. Nayyar, S. Arora, M. Singh // 2020 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). – 2020. – PP. 0136-0140,
- [4]. Belej O. Using Hybrid Neural Networks to Detect DDOS Attacks / O. Belej, L. Halkiv // 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). – 2020. – PP. 61-66.
- [5]. Boyko A. Development Application for Traffic Classification Using the Neural Network Approach / A. Boyko, V. Varkentin, A. Minbaleev // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2020. – PP. 1-6.

УДК 004

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ТА ЗАСОБІВ РОЗГОРТАННЯ КОНВЕЄРІВ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

С. Кандзюба^{1[0000-1983-8711-392X]}, Ph.D. Т. Кунуп^{2[0000-0002-3728-1614]}

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

EMAIL: ¹ehorkand@ukr.net, ²kunuptetiana@gmail.com

ANALYSIS OF PROBLEMS AND MEANS OF DEPLOYMENT OF PIPELINES OF MACHINE LEARNING MODELS

E. Kanzyuba, Ph.D. T. Kunup

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Анотація. У даній роботі наведено результати аналізу проблематики та засобів розгортання конвеєрів моделей машинного навчання для завдань автоматизації моніторингу роботи програмних застосувань, що націлені на аналіз даних.

Ключові слова: розгортання конвеєрів, моделі машинного навчання, контейнеризація.

Abstract. This work presents the results of the analysis of the issues and means of deploying pipelines of machine learning models for the tasks of automating the monitoring of the work of software applications aimed at data analysis.

Keywords: deployment of conveyers, machine learning models, containerization..

В даний час спостерігається тенденція регулярного зростання обсягів даних у різних прикладних сферах, що сприяє підвищенню необхідності автоматизації їх аналізу. У цьому контексті доцільним є застосування методів та засобів інтелектуального аналізу даних, у тому числі моделей машинного навчання, що дозволяють прискорити та спростити процеси обробки, аналізу даних та виявлення в них прихованих закономірностей. Для ефективного менеджменту та управління операційними та аналітичними процесами при роботі з даними актуальним є використання комплексу підходів, практик та технологій автоматизації управління розробкою програмного забезпечення на базі машинного навчання (ML), що виражається у вигляді MLOps задач [1]. Переваги контейнеризації стали акселератором у поширенні цієї технології, у зв'язку з чим різні учасники цієї екосистеми розпочали роботу над стандартизацією. На сьогоднішній день концепція контейнерів складається з безлічі

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

технологій та спеціальної термінології. Основними стандартами та специфікаціями є: Open Container Initiative, Container Storage Interface, Container Network Interface та App Container Specification [2]. Конвеєр ML допомагає створювати, оптимізувати та адмініструвати робочий процес створення моделей. Конвеєр ML є процесом для прискорення, повторного використання, управління та розгортання ML моделей.

Конвеєр ML є також наскрізною конструкцією, яка організує потік даних модель ML (або набір з декількох моделей) і виведення з неї. Він включає введення необроблених даних, функції, вихідні дані, моделі та їх параметри, а також вихідні дані прогнозування. У більш широкому сенсі конвеєр ML є способом систематизації та автоматизації робочого процесу, необхідний для створення моделі. Конвеєри ML складаються з кількох послідовних кроків, які виконують основні етапи ЖЦ, від вилучення та попередньої обробки даних до навчання та розгортання моделі. Ключова перевага подібних конвеєрів полягає в інтегральній автоматизації етапів ЖЦ моделі, зокрема, при оновленні навчальних даних запускаються робочі процеси перевірки, обробки, навчання моделі, тестування та розгортання [3]. Конвеєр ML включає процеси, які: ефективно відстежують зміну версій вихідних даних для послідовних запусків нових процесів навчання моделей; реалізують попередню обробку даних для навчання та перевірки моделі; здійснюють стеження за версіями контрольних точок моделі під час навчання; логують експерименти щодо навчання моделей; аналізують та перевіряють навчені моделі ML; виконують розгортання та масштабування створених моделей; оновлюють дані для навчання та реалізують комплексний моніторинг моделі. Конвеєр ML дозволяє забезпечити наступний ряд переваг: мінімізація помилок; відстеження експериментів; стандартизація всіх етапів; масштабованість моделей на різних архітектурах.

Таким чином, впровадження конвеєрів ML дозволяє досягти наступних результатів: скорочення часу розробки нових моделей, спрощення та передбачуваність процесів оновлення існуючих моделей, скорочення часових витрат на відтворення обчислювальних експериментів. Все це сприяє зниженню витрат на виконання проектів у галузі ML та ІАД. Існуючою проблемою в даному контексті є наявність та використання «користувачького коду» для інтеграції між різними кроками конвеєра ML, у зв'язку з тим, що він є важкопереносимим, не масштабованим, а також вимагає додаткових

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

тимчасових витрат на підтримку та оновлення. В даний час створено інструменти для стандартизованого оркестрування та абстракції сполучного коду, зокрема Apache Bean, Apache Airflow, Kubeflow, MLFlow [4]. Для координації конвеєрів машинного навчання використовуються інструменти конвеєра даних та сховища артефактів, таких як Tensorflow ML MetadataStore. У процесі роботи моделей ML можуть бути зібрані нові дані, а також виконувати зміни в їх розподілі. Додавання зворотного зв'язку в конвеєр обумовлено зниженням якості прогнозів деяких моделей ML через зміну досвіду користувача, наприклад, в системах рекомендації, коли попередній вибір користувача впливає на наступні рекомендації (персоналізовані моделі). Конвеєрів моделей машинного навчання є актуальними напрямками розвитку сучасної прикладної сфери MLOps. Подальшим перспективним шляхом досліджень є розробка проекту автоматизації процесу розгортання та моніторингу пайплайнів моделей машинного навчання на базі створення їх конвеєрів.

Література

- [1]. Scott H. Software Containers: Frequently than Most Realize [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.networkworld.com/article/2226996/software-containers--used-more-frequently-than-most-realize.html>.
- [2]. Combe T. To docker or not to docker:: A security perspective / T. Combe, A. Martin, D. R. Pietro // IEEE Cloud Computing. – 2016. – Т. 3. – №. 5. – PP. 54-62.
- [3]. Machine Learning Operations maturity model [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/example-scenario/mlops/mlops-maturity-model>.
- [4]. MLOps: Continuous delivery and automation pipelines in machine learning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cloud.google.com/architecture/mlops-continuous-delivery-and-automation-pipelines-in-machine-learning>.

УДК 004

РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

С. Петрова^{1[0000-9894-6674-1251]}, **Ph.D. М. Рудніченко**^{2[0000-0002-7343-8076]}

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹sfipetrova06@stud.op.edu.ua, ²nickolay.rud@gmail.com*

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE APPLICATION PROJECT
FOR SOLVING COMBINATORIAL OPTIMIZATION TASKS**

S. Petrova, Ph.D. M. Rudnichenko

Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У даній роботі наведено результати розробки проекту програмного застосування вирішення завдань комбінаторної оптимізації, обґрунтовано актуальність використання генетичних алгоритмів для прикладних застосувань, наведено схему викликів основних класів проекту системи.*

***Ключові слова:** комбінаторна оптимізація, генетичні алгоритми.*

***Abstract.** In this work, the results of the development of a software application project for solving combinatorial optimization tasks are presented, the relevance of the use of genetic algorithms for applied applications is substantiated, and the scheme of calls of the main classes of the system project is given.*

***Keywords:** combinatorial optimization, genetic algorithms.*

Нині сформувався та успішно розвивається перспективний напрямок у теорії штучного інтелекту (ШІ) – еволюційні обчислення (ЕО). Як правило, цей термін застосовують для загального опису різних алгоритмів пошуку, навчання чи оптимізації, заснованих на формалізованих принципах та підходах природного еволюційного відбору. Особливості закладених ідей ЕО та самоорганізації полягають у їх актуальності та універсальності для застосування з метою вирішення технічних, біологічних та економічних завдань. Подібні ідеї успішно реалізуються за допомогою високорівневих засобів розробки та програмування практично [1]. Актуальність тематики полягає в тому, що генетичний алгоритм відноситься до класу евристичних алгоритмів і є досить молодим і перспективним напрямом в області оптимізації та моделювання. У вітчизняній літературі цей метод недостатньо висвітлюється, спостерігається нестача інформації та відомостей про його функціонування в контексті різноманітних завдань. Оптимізаційні завдання можуть бути класифіковані на два типи. Перший тип включає завдання, які можуть бути вирішені у поліноміальний час щодо розміру вхідних даних. Ці завдання, зокрема, може бути сформульовані як завдання лінійного програмування.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Другий тип завдань включає ситуації, де можливі варіанти являють собою кінцеве безліч. У разі рішення може бути знайдено шляхом перебору всіх можливих варіантів [2]. Генетичні Алгоритми (ГА) являють собою адаптивні математичні методи пошуку, які найчастіше застосовуються для вирішення різних завдань, пов'язаних з локальною або глобальною оптимізацією. ГА базуються на генетичних процесах існуючих у природі біологічних організмів. Зокрема, біологічні популяції розвиваються та еволюціонують протягом появи нових поколінь, згідно з існуючими законами природного відбору, реалізуючи принцип виживання найстійкіших і пристосованих. ГА можуть бути адаптовані та застосовані для вирішення різних практичних завдань, якщо ті правильно формалізовані [3]. В рамках даної роботи пропонується створення проекту системи, що буде здатна вирішувати завдання комівояжера, планування робочого графіку та складання розкладу занять на базі ГА. Схема викликів класів запропонованого проекту програмного додатка наведено на рис.1.

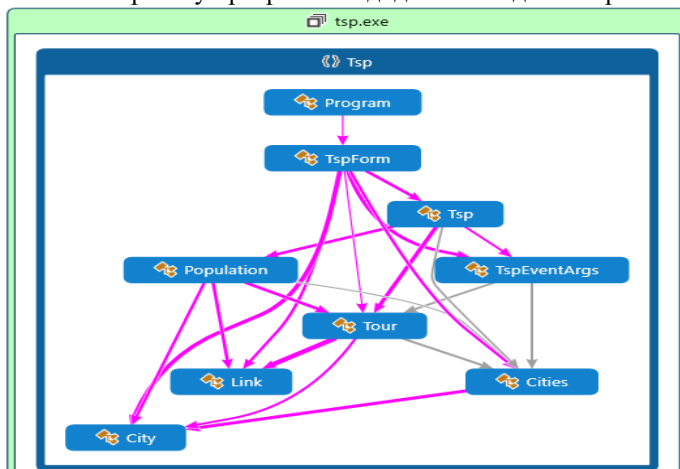


Рисунок 1. Схема викликів класів програмного забезпечення

Дана схема дозволяє відобразити порядок взаємовикористання основними класами наявних у них методів для реалізації програмної логіки у процесі виконання розрахунків відповідно до алгоритму та загальної обробки вхідних та операційних даних. Точка входу в

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

програму розташована в класі Program, звідки викликається клас TspForm, який використовує підключення до проекту інших класів, починаючи з Tsp (містить логіку обробки та отримання параметрів алгоритму) та закінчуючи класом City (окреме місто-пункт зі створеного списку на панелі). Конструктор City імплементує визначення використаних полів та властивостей (Location, distances, location, closeCities). Метод FindClosestCities здійснює пошук найближчого пункту на панелі на базі введених даних за його координатами. Метод Crossover викликає конструктор з параметром Tour для його перевантаження та використовує методи joinCities та findNextCity для побудови кінцевого маршруту на панелі відображення. Ряд із зазначених методів використовує рекурсію підвищення рівня продуктивності обчислення.

Висновки. На базі сформованого проекту програмного забезпечення доцільним є подальша розробка та опис ключових методів програмної реалізації алгоритмів EO, що буде виконано в рамках наступних досліджень. Методи можуть бути поділені на окремі функціональні складові залежно від їхнього логічного призначення та ієрархії.

Література

- [1]. Yang X. Generalized Preinvexity and Second Order Duality in Multiobjective Programming / X. Yang. – Springer, 2019. – 171 p.
- [2]. Лебедева Г.І. Методи оптимізації, технічні програми / Г.І. Лебедева, О.Л. Зубко. – В.: БНТУ, 2020. 179 с.
- [3]. Козін І.В. Еволюційні моделі у дискретній оптимізації / І.В. Козін. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2019. – 204 с.

УДК 004.9

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ СЛАБОСТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ З ФІНАНСОВИХ ТРАНЗАКЦІЙ

М. Поплавський С.^{1[0000-1799-3391-1588]}, **Ph.D. М. Рудніченко**^{2[0000-4322-1819-9633]},
Д. Шведов^{3[0000-0002-7343-8076]}

¹*Міжрегіональна академія управління персоналом, Україна*
^{2,3}*Національний університет «Одеська політехніка», Україна*
EMAIL: Inikitapoplav@gmail.com, 2nickolay.rud@gmail.com,
3denoutofspace@gmail.com

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A SOFTWARE MODULE
FOR CLUSTER ANALYSIS OF LOOSELY STRUCTURED DATA
OF LARGE VOLUMES OF FINANCIAL TRANSACTIONS**

M. Poplavskiy, Ph.D. M.Rudnichenko, D.Shvedov
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У роботі описана постановка завдання та аргументація актуальності розробки концепції програмного модуля кластерного аналізу слабоструктурованих даних великих обсягів з фінансових транзакцій, запропоновано схему компонентів для програмної реалізації модуля та визначено його загальний функціональний склад.*

***Ключові слова:** кластерний аналіз даних, великі дані, фінансові транзакції.*

***Abstract.** The paper describes the formulation of the task and the justification of the relevance of developing the concept of a software module for cluster analysis of loosely structured data of large volumes of financial transactions, a scheme of components for the software implementation of the module is proposed and its general functional composition is determined.*

***Keywords:** cluster data analysis, big data, financial transactions.*

Останнім часом постійно зростають обсяги даних фінансового характеру (транзакції, результати торгів, курси валют, інша фінансова звітність за різними показниками), які не завжди мають чітку структуру та зв'язність, що зумовлює необхідність автоматизації процесів їх обробки та аналізу.

Кластеризація — це процес розподілу заданої вхідної множини об'єктів (даних) на окремі групи, які називаються кластерами. Метою цього процесу є об'єднання подібних об'єктів у межах одного кластера, при цьому об'єкти різних кластерів повинні суттєво відрізнятися між собою за певними ознаками. Поняття кластера може змінюватися в залежності від мети аналізу. Загалом кластер — це група даних, об'єктивно схожих за певними характеристиками. Найчастіше ці характеристики є кількісними показниками об'єктів. У сучасних метричних просторах схожість векторів визначається через обчислення норми відстаней. В окремих випадках аналізується взаємна відстань між векторами даних або ж відстань між окремими векторами. З огляду на актуальність кластеризації для аналізу великих обсягів даних, зростає необхідність у створенні та використанні програмних інструментів, які забезпечують можливості кластерного аналізу на

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

основі доступних алгоритмів. У цьому контексті доцільним є застосування неконтрольованого машинного навчання (без учителя), зокрема таких підходів [1]: 1. Асоціативні алгоритми. Ці алгоритми допомагають виявити дані або параметри, що часто використовуються разом. Наприклад, асоціативні алгоритми можуть рекомендувати третій товар на основі двох обраних. Алгоритм Apriori є популярним рішенням для таких завдань. 2. Зниження розмірності. Цей метод передбачає трансформацію даних з метою зменшення їх кількості та виділення основних змінних. Метод корисний для видалення з вибірки неінформативних та надлишкових даних, що ускладнюють обробку. 3. Сегментація. Цей підхід передбачає поділ вибірки на окремі кластери. Алгоритми сегментації аналізують вихідні дані, знаходять взаємозв'язки та на їх основі створюють групи [2].

В запропонованій концепції програмного модуля передбачено ряд use cases. Зокрема, користувач може здійснювати: імпорт вхідних наборів даних; факторний аналіз; попередня обробка та очищення даних від викидів; вибір вхідних ознак; побудова діаграми за ознаками; заповнення пропусків; формування зведеної статистики; нормалізація даних; кластеризація даних за допомогою одного або кількох вибраних алгоритмів (Forel, k-means, Ward, DBScan) як збірки; побудова візуалізацій (дендрограми, матриці помилок і діаграми розсіювання); оцінка метрик кластеризації; формування таблиці результатів сегментації. Після імпорту даних завантажуються вхідні набори даних, формуються колекції для зберігання імпортованих записів, після чого виконується пошуковий аналіз, включаючи аналіз ознак, формування додаткових середніх ознак для порівняння даних і побудова візуальних діаграм розподілу ключових ознак набору даних. На основі сформованої структури даних усуваються відсутні значення в наборі даних, агрегуються записи в єдиний набір. Після цього для кожної з аналізованих ознак встановлюються об'єкти нормалізації. Параметри кожного алгоритму кластеризації налаштовуються на основі виконаної нормалізації, після чого оцінюються відстані між ознаками в згенерованому просторі станів. Наступним кроком є обчислення показників кластеризації, а результати відображаються у формі графічної візуалізації. На рис.1 наведена діаграма компонентів програмного застосування.

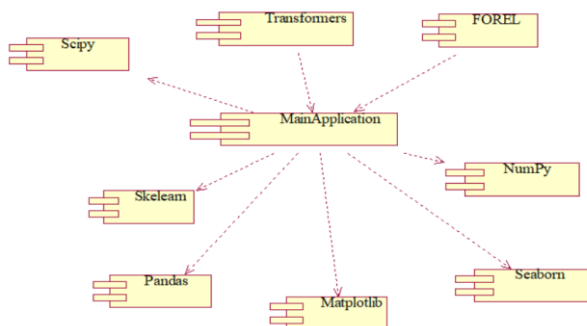


Рисунок 1. Діаграма компонентів програмного застосування

За допомогою браузера Google Chrome під час авторизації через обліковий запис gmail здійснюється вхід у хмарний веб-сервіс Google Colab для розгортання, тестування та дослідження системи у вигляді файлу *.ipynb. Для зручності дані завантажуються безпосередньо з хмарного сховища безпосередньо в систему за запитом

Висновки. Результати створеної концепції можуть бути використані при подальшій програмній імplementації модуля на базі застосування різних метрик оцінки якості кластеризації.

Література

[1]. Байраченко О.В. Аналіз призначення та можливостей кластерного аналізу даних для завдань сегментації / О.В. Байраченко, М.Д. Рудніченко // XVI міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології і автоматизація - 2023» 19-20 жовтня 2023 р., м.Одеса. – 2023. - С.323-324.

[2]. Jannes K. Machine Learning for Finance: Principles and practice for financial insiders. – Packt Publishing, 2019. – 456 p.

УДК 004.8

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ПРИЙОМІВ ПРОПАГАНДИ У ТЕКСТОВОМУ КОНТЕНТІ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

М. Молчанова^[0000-0001-9810-936X]

Хмельницький національний університет, Україна
EMAIL: m.o.molchanova@gmail.com

**METHOD FOR DETECTION AND CLASSIFYING OF
PROPAGANDA TECHNIQUES IN TEXT CONTENT USING
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

M. Molchanova

Khmelnytskyi National University, Ukraine

***Анотація.** Запропоновано метод виявлення та класифікації прийомів пропаганди за маркерами у текстовому контенті з візуальною інтерпретацією прийнятих рішень, що ґрунтується на використанні набору моделей машинного навчання окремих для кожного прийому пропаганди, що навчаються на модифікованих розмічених даних з доповненою множиною маркерів. Наведено приклад аналізу ефективності, що показує точність запропонованого підходу від 79% до 96% для виявлення окремих прийомів пропаганди.*

***Ключові слова:** BERT, прийоми пропаганди, маркери прийомів пропаганди, візуальна інтерпретація отриманих рішень.*

***Abstract.** The method for detecting and classifying of propaganda techniques by markers in text content with visual interpretation of the decisions is proposed, based on the use of a set of machine learning models separate for each propaganda technique, which are trained on modified labeled data with a supplemented set of markers. An example of efficiency analysis is given, showing the accuracy of the proposed approach from 79% to 96% for identifying individual propaganda techniques.*

***Keywords:** BERT, propaganda techniques, markers of propaganda techniques, visual interpretation of obtained solutions.*

Пропаганда, замаскована під звичайні новини, поширюється протягом багатьох десятиліть, а сучасна цифрова епоха створює додаткові умови для її швидшого, масового та ефективного розповсюдження. Розробляються нові сучасні методи генерації текстів, які дедалі частіше важко відрізнити від створених людиною, що призводить до стрімкого зростання кількості контенту. В свою чергу це підкреслює важливість розробки автоматизованих методів виявлення пропагандистських прийомів, які допоможуть користувачам отримувати інформацію більш усвідомлено [1].

Метою роботи є розробка методу виявлення та класифікації прийомів пропаганди у текстовому контенті, який базується на використанні набору моделей машинного навчання. Пропонується

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

використовувати окремі створені для кожної пропагандистської техніки моделі машинного навчання [2, 3], що навчені на модифікованих розмічених даних із доповненою множиною маркерів.

Метод виявлення та класифікації прийомів пропаганди призначений для оцінки текстового контенту на предмет наявності прийомів пропаганди та визначення сили їх проявів. Під додатковою множиною маркерів мається на увазі використання різноманітних текстових ознак, які притаманні визначеним прийомам пропаганди. Схема кроків методу наведена на рис. 1.

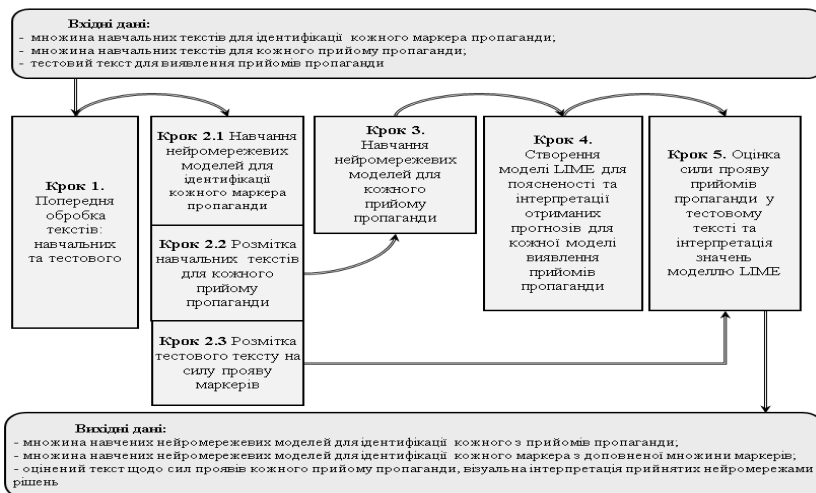


Рисунок 1. Схема методу виявлення та класифікації прийомів пропаганди

Першим кроком виконання методу є попередня обробка усіх текстових даних, як навчальних так і тестових. Вона включає видалення знаків пунктуації та видалення стоп-слів. На другому кроці здійснюється навчання нейромережевих моделей для ідентифікації кожного маркера пропаганди, які використовуються для розмітки навчальних текстів для кожного прийому пропаганди, а також для розмітки щодо наявності маркерів тестових текстів. Третім кроком є навчання нейромережевих моделей для кожного прийому пропаганди. Кількість нейромережевих моделей у даному дослідженні складає 17 і покриває такі прийоми пропаганди, як: «Appeal to fear-prejudice»,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

«Causal Oversimplification», «Doubt», «Exaggeration», «Flag-Waving», «Labeling», «Loaded Language», «Minimisation», «Name Calling», «Repetition», «Appeal to Authority», «Black and White Fallacy», «Reductio ad hitlerum», «Red Herring», «Slogans», «Thought terminating Cliches», «Whataboutism» [4]. На четвертому кроці відбувається створення моделі LIME для поясненості та інтерпретації отриманих прогнозів для кожної моделі виявлення прийомів пропаганди, які разом із навченими нейромережевими моделями на кроці 3 будуть оцінювати користувачький текст. На п'ятому кроці відбувається нейромережева оцінка сили прояву прийомів пропаганди у тестовому тексті та інтерпретація значень моделлю LIME [5].

Отже, було запропоновано метод виявлення та класифікації прийомів пропаганди, який дозволяє шляхом використання набору з 17 навчених BERT-моделей виявляти 17 прийомів пропаганди з точністю від 79% до 96%. Для навчання BERT-моделей, що виконують функції виявлення прийомів пропаганди, використано набір даних, що представляє собою корпус з 788 новинних статей, анотованих вручну на рівні фрагментів за допомогою вісімнадцяти пропагандистських прийомів.

Література

[1] G. Martino, S. Yu, A. Barron-Cedeno, R. Petrov, P. Nakov, Fine-Grained Analysis of Propaganda in News Article, in: Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing, 2019, pp. 5640-5650.

[2] Krak I., Zalutska O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2024, vol.3688, pp.16-28.

[3] Zalutska O., Molchanova M., Sobko O., Mazurets O., Pasichnyk O., Barmak O., Krak I. Method for Sentiment Analysis of Ukrainian-Language Reviews in E-Commerce Using RoBERTa Neural Network. CEUR Workshop Proceedings, 2023, vol. 3387, pp. 344–356.

[4] Propaganda Analysis Project, 2024. URL: <https://propaganda.qcri.org/index.html>.

[5] GitHub, Lime, 2024. URL: <https://github.com/marcotcr/lime>.

UDC 004.055:004.8:004.9

**ENHANCING AUTOMATED SOFTWARE SYSTEMS THROUGH
AI AND KNOWLEDGE ENGINEERING FOR DYNAMIC REAL-
TIME APPLICATIONS**

D. Nikitin^{1[0000-0003-4388-4996]}, **Ph.D. V. Golian**^{2[0000-0002-7196-5286]}

National University of Radio Electronics, Ukraine
EMAIL:¹ dmytro.nikitin1@nure.ua, ²vira.golian@nure.ua

**УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІ ТА
ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАНЬ ДЛЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОГРАМ
РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

Д. Нікітін, Ph.D. В. Голян

Національний університет радіоелектроніки, Україна

Abstract. *This paper explores the integration of AI technologies and knowledge engineering to improve automated software systems in dynamic real-time environments. It focuses on leveraging Azure services, including Azure OpenAI, to enhance natural language processing (NLP) and generative pre-trained transformers (GPT) in developing responsive software systems. Real-world examples and case studies demonstrate how these AI-driven functionalities improve user experience and operational efficiency in automated systems. This research contributes to the advancement of real-time software applications by addressing scalability, adaptability, and reliability challenges.*

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Real-Time Applications, Dialogue Systems, Natural Language Processing (NLP), Azure OpenAI, Knowledge Engineering, AI-powered Chatbots, Automated Customer Service.*

Анотація. *У цій статті досліджується інтеграція технологій штучного інтелекту та інженерії знань для вдосконалення автоматизованих програмних систем у динамічних середовищах реального часу. Він зосереджений на використанні служб Azure, включаючи Azure OpenAI, для покращення обробки природної мови (NLP) і генеративних попередньо навчених трансформаторів (GPT) у розробці адаптивних програмних систем. Реальні приклади та тематичні дослідження демонструють, як ці функціональні можливості, керовані штучним інтелектом, покращують взаємодію з користувачем та ефективність роботи в автоматизованих системах. Це дослідження сприяє розвитку програмних додатків реального часу, вирішуючи проблеми масштабованості, адаптивності та надійності.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Ключові слова:** штучний інтелект (AI), програми реального часу, системи діалогу, обробка природної мови (NLP), Azure OpenAI, інженерія знань, чат-боти на основі штучного інтелекту, автоматизоване обслуговування клієнтів.*

The rapid advancement of AI technologies and their integration into various industries has revolutionized the way automated systems function. In particular, the growing need for real-time applications in fields such as customer service, healthcare, and financial services has made the use of AI-driven solutions critical. Traditional software systems often struggle to handle the complexities and dynamics of real-time decision-making and responsiveness. This research addresses these challenges by implementing AI technologies, such as natural language processing (NLP) and generative models, to create systems capable of understanding and interacting with users in real-time [1]. In the current era, where digital transformation is a priority for most businesses, the ability to provide automated, intelligent customer interactions is increasingly important. With the rise of remote work, virtual customer support, and AI-driven decision-making, organizations require solutions that go beyond basic automation. This research provides valuable insights into how AI can be effectively deployed in such environments, improving scalability and adaptability of real-time software systems. Moreover, the increasing reliance on cloud-based platforms such as Azure OpenAI creates the perfect environment for leveraging AI capabilities. By exploring the use of AI tools within this ecosystem, this study offers practical solutions for creating more responsive and reliable software systems, ultimately leading to enhanced user experiences and operational efficiency. The purpose of this research is to design and implement an AI-enhanced software system capable of operating in dynamic real-time environments. The system aims to improve user interaction and responsiveness by integrating advanced AI technologies, such as NLP and decision-making algorithms, within a scalable framework. Additionally, the research investigates the practicality and applicability of these technologies through case studies and experimental evaluations.

The object of study is AI-enhanced software systems designed for real-time applications, particularly focusing on automated customer service systems and chatbots [2]. The study analyzes the implementation of AI models in dynamic environments to improve responsiveness and interaction quality. The research tasks are the following: 1. Analyze AI and knowledge

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

engineering methods that can be applied to real-time software systems.

2. Develop a comprehensive architectural framework that incorporates AI models for natural language understanding and decision-making.
3. Implement and evaluate AI-driven dialogue systems in software applications, ensuring real-time user interaction capabilities.
4. Provide experimental results that demonstrate the improved performance of AI-enhanced systems, particularly in customer service and operational tasks.
5. Discuss the future implications and challenges of AI integration in dynamic environments, focusing on scalability, adaptability, and continuous learning.

As the result of the conducted research an AI-driven system was implemented by integrating state-of-the-art NLP algorithms, such as those based on GPT models [3], into the system's software architecture. The architecture follows a modular approach, ensuring flexibility and scalability across multiple domains. Real-time processing capabilities allow the system to handle user inputs effectively, converting them into actionable outputs via the NLP pipeline, which encompasses language understanding, dialogue management, and dynamic response generation. Figure 1 illustrates the architectural overview of the system and depicts the main communication dependencies between the system components.

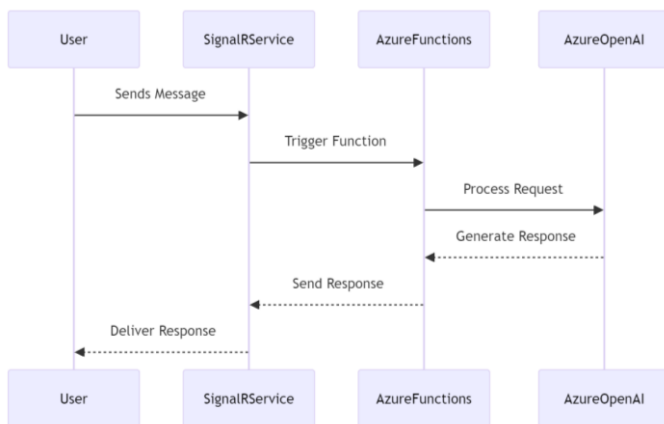


Figure 1. High-level architectural overview of the system

Azure OpenAI services played a crucial role in supporting the aforementioned features, enabling real-time responses to complex user queries. Development was carried out using C# and .NET ecosystem and

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

widely used machine learning libraries and providers like Azure OpenAI and ChatGPT 4, which were key in utilizing AI capabilities. The use of Azure's cloud infrastructure provided the necessary framework for real-time system deployment, ensuring high availability and low latency. The system's effectiveness was measured through a variety of performance metrics. Response time, accuracy in understanding user language [4], and overall user satisfaction were the primary focus areas in evaluating the system's success. Comparisons were made with traditional software solutions to highlight improvements in efficiency and interaction quality. Key performance indicators (KPIs), including task completion time and response accuracy, provided a comprehensive overview of the system's capabilities. Scalability and adaptability metrics were also examined to ensure that the system could handle a growing volume of requests without compromising performance. Testing in high-demand simulated environments demonstrated the system's capacity to maintain low latency while ensuring high accuracy in responses. These results underscored the system's robustness, making it suitable for industries requiring constant real-time interaction. The practical significance of this research lies in its contribution to the development of AI-powered software systems that can autonomously respond to user needs in real-time [5]. By improving responsiveness and reducing the need for human intervention in operational tasks, the study provides valuable insights into optimizing AI-driven systems for industries such as customer service, healthcare, and finance.

This research presents a comprehensive approach to enhancing automated software systems through the integration of AI technologies and knowledge engineering. The findings demonstrate the potential of AI-driven systems to improve real-time responsiveness, scalability, and user interaction. Future work will explore the further integration of machine learning models and continuous learning mechanisms to enable even greater adaptability in dynamic environments.

References

- [1] M. Lungu and C. Mariana, "Real-time applications using artificial intelligence," in *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 2, pp. 45-56, 2021.
- [2] R. Collobert, J. Weston, and L. Bottou, "Deep Learning for Chatbots," in *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, pp. 3765-3789, 2020.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[3] AbuGhoush, R., & Abu Arqoub, R. Integrating AI-Based Models into Software Development for Enhancing Real-Time Applications. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA) 14(3): 45-52. doi:10.14569/IJACSA.2023.014031, 2023.

[4] Artstein, R., Gandhe, S., & Traum, D. Dialogue Management for Real-Time Applications. Journal of Artificial Intelligence Research 73: 237-269. doi:10.1613/jair.1.11483, 2022.

[5] Botev, J., & Müller, R. Real-Time Communication in AI-Driven Software Systems. IEEE Transactions on Software Engineering 50(2): 214-228. doi:10.1109/TSE.2023.2894712, 2024.

UDC 004.055:004.8:004.9

**INTELLIGENT SYSTEMS FOR MONITORING PERFORMANCE
OF THE CAR USING OBD-2 AND AI**

O. Rybitskyi¹[0000-0002-8508-7269], **Ph.D. V. Golian**²[0000-0002-7196-5286]

National University of Radio Electronics, Ukraine

EMAIL: ¹oleksandr.rybitskyi@nure.ua, ²vira.golian@nure.ua

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
ПРОДУКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ OBD-2
ТА ШІ**

О. Рибіцький, Ph.D. В. Голян

Національний університет радіоелектроніки, Україна

Abstract. *This paper explores the methods, models, and means of interacting with vehicles using OBD-2 diagnostic systems, including the integration of artificial intelligence (AI) to monitor and optimize vehicle performance. The focus is on analyzing data from OBD-2, such as knock sensor readings and ignition advance angles, to identify poor fuel issues and other performance indicators. With the help of machine learning algorithms, data is processed in real time, which allows you to identify patterns, predict possible malfunctions and provide recommendations for optimization.*

Keywords: *OBD-2, Artificial Intelligence (AI), Car diagnostics, Fuel quality, Detonation, Ignition advance angles, Machine learning, Prediction of malfunctions, Monitoring of vehicles, Performance optimization.*

Анотація. У цьому документі досліджуються методи, моделі та засоби взаємодії з транспортними засобами за допомогою діагностичних систем OBD-

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

2, включаючи інтеграцію штучного інтелекту (ШІ) для моніторингу та оптимізації роботи автомобіля. Основна увага приділяється аналізу даних з OBD-2, таких як показання датчика детонації та кути випередження запалювання, щоб виявити проблеми з поганим паливом та інші показники ефективності. За допомогою алгоритмів машинного навчання дані обробляються в реальному часі, що дозволяє виявити закономірності, передбачити можливі збої та надати рекомендації щодо оптимізації.

Ключові слова: OBD-2, штучний інтелект (AI), діагностика автомобіля, якість палива, детонація, кути випередження запалювання, машинне навчання, прогнозування несправностей, моніторинг транспортних засобів, оптимізація продуктивності.

The integration of OBD-2 systems with AI represents a significant advancement in vehicle diagnostics and performance monitoring. OBD-2 systems are standard in modern vehicles, providing detailed information about various subsystems. However, the sheer volume of data generated requires sophisticated analysis to be effectively utilized. AI, particularly machine learning, can process this data in real-time, allowing for more accurate detection of issues, such as fuel quality problems, engine misfires, and other performance-related anomalies [1]. This research examines the potential of AI to transform traditional vehicle diagnostics into a proactive, data-driven approach that enhances both vehicle performance and driver safety.

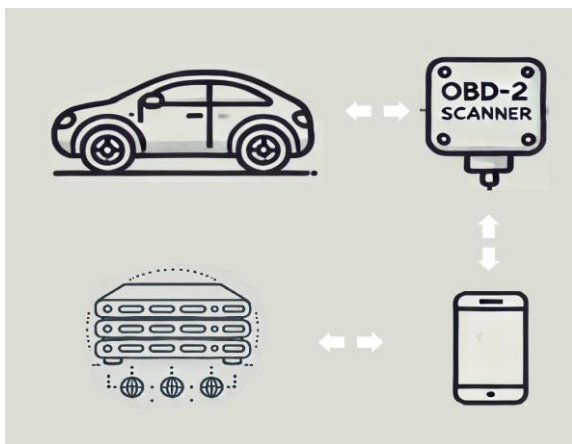


Figure 1. System interaction diagram

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The primary objective of this research is to develop and implement an intelligent system that leverages OBD-2 data in conjunction with AI algorithms to monitor and optimize vehicle performance. Specifically, the research aims to detect issues related to fuel quality, which can have significant impacts on engine performance and longevity. By analyzing key parameters such as detonation and ignition advance angles, the system is designed to identify early signs of performance degradation and provide timely recommendations for corrective actions [2].

The study also seeks to demonstrate the broader applicability of this approach in various automotive scenarios, including maintenance planning, emission control, and fuel efficiency optimization. The research methodology involves the systematic collection and analysis of data from OBD-2 systems across a range of vehicles. Key parameters monitored include detonation frequency, ignition advance angles, and engine temperature, among others.

The collected data is processed using machine learning algorithms, which are trained to recognize patterns associated with different types of performance issues. For instance, frequent detonation signals may indicate poor fuel quality, while deviations in ignition advance angles can suggest issues with the engine's timing [3].

The methodology emphasizes real-time processing, enabling the system to provide immediate feedback and recommendations, thus preventing potential issues from escalating into significant problems. The study's findings highlight the effectiveness of AI in enhancing vehicle diagnostics through the analysis of OBD-2 data. The machine learning models developed in this research were able to accurately identify and predict a variety of issues related to fuel quality and engine performance.

The system's ability to detect these issues in real-time allows for proactive maintenance, reducing the likelihood of costly repairs and improving overall vehicle reliability [4]. Additionally, the research demonstrates that the integration of AI with OBD-2 systems can lead to more efficient fuel consumption and reduced emissions, contributing to both economic savings and environmental sustainability. The practical significance of this research lies in its potential to revolutionize vehicle maintenance and performance monitoring. By providing a more accurate and proactive approach to diagnostics, the integration of AI with OBD-2 systems can help reduce maintenance costs, extend vehicle lifespan, and improve driver safety.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The findings also suggest broader implications for the automotive industry, including the development of smarter, more responsive vehicle systems that can adapt to changing conditions and driver behaviors. Future research could explore the further refinement of AI algorithms to enhance their predictive capabilities and extend their applicability to other aspects of vehicle performance, such as battery health monitoring and autonomous driving systems.

References

- [1] M. Lungu and C. Mariana, "Real-time applications using artificial intelligence," in *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 2, pp. 45-56, 2021.
- [2] R. Collobert, J. Weston, and L. Bottou, "Deep Learning for Chatbots," in *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, pp. 3765-3789, 2020.
- [3] AbuGhoush, R., & Abu Arqoub, R. Integrating AI-Based Models into Software Development for Enhancing Real-Time Applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* 14(3): 45-52. doi:10.14569/IJACSA.2023.014031, 2023.
- [4] Artstein, R., Gandhe, S., & Traum, D. Dialogue Management for Real-Time Applications. *Journal of Artificial Intelligence Research* 73: 237-269. doi:10.1613/jair.1.11483, 2022.

УДК 004.8

**МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТА
КЛАСИФІКАЦІЇ КІБЕРЗАЛЯКУВАНЬ У ТЕКСТОВОМУ
КОНТЕНТІ**

О. Собко^[0000-0001-5371-5788]

*Хмельницький національний університет, Україна
EMAIL: olena.sobko.ua@gmail.com*

**THE METHOD FOR INTELLIGENT DETECTION AND
CLASSIFICATION OF CYBERBULLYING IN TEXT CONTENT**

O. Sobko

Khmelnitskyi National University, Ukraine

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У роботі розглянуто проблему розповсюдження кіберзалякувань у мережі Інтернет. Зроблено огляд існуючих підходів до виявлення кіберзалякувань у текстових повідомленнях користувачів, а також запропоновано метод інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті з використанням підходів машинного навчання.*

***Ключові слова:** кіберзалякування, мультикласова класифікація, текстове повідомлення, тип кіберзалякування, машинне навчання.*

***Abstract.** This paper examines the problem of the spread of cyberbullying on the Internet. An overview of existing approaches to the detection of cyberbullying in text messages of users is made, and the method for intelligent detection and classification of cyberbullying in text content using machine learning approaches is proposed.*

***Keywords:** cyberbullying, multiclass classification, text message, type of cyberbullying, machine learning.*

Кіберзалякування є значною проблемою сучасного інформаційного суспільства, що набуває все більшого поширення у зв'язку з активним використанням соціальних мереж, месенджерів та інших онлайн-платформ. Інтернет-користувачі, особливо молодь, дедалі частіше стають жертвами агресивних дій, що включають образи, погрози, залякування та приниження, які здійснюються через мережу. Така форма агресії має значний вплив на психічне здоров'я людей, призводячи до підвищеної тривожності, депресії, зниження самооцінки та навіть суїцидальних думок [1].

Важливо зазначити, що кіберзалякування може мати довготривалі наслідки, які відчуються навіть після завершення агресивних дій, оскільки негативний контент може зберігатися в інтернеті та продовжувати впливати на жертву [2].

Кіберзалякування проявляється у різних формах, кожна з яких має свої особливості та може по-різному впливати на жертву. Зокрема, він може бути спрямований на жертв через їхню етнічну або релігійну приналежність.

Вікове підгрунття кіберзалякування часто стосується підлітків або літніх людей, які є менш захищеними в цифровому середовищі. Гендерне підгрунття включає дискримінацію за статтю або гендерною ідентичністю. Виявлення кіберзалякувань є актуальною та важливою задачею, оскільки його поширення негативно впливає на суспільство та окремих індивідів [3, 4].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Метою роботи є розробка методу інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті. Кроки розробленого методу подано на рис. 1.

Вхідними даними методу інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті є векторизатор TFID, який перетворює текстовий зразок на числовий формат, що є придатним для подальшої обробки моделлю машинного навчання. Модель машинного навчання BERT навчена на наборі даних Cyberbullying Classification [5], що має такі класи кіберзалякувань: Age, Ethnicity, Gender, Religion, Other type of cyberbullying, Not cyberbullying.

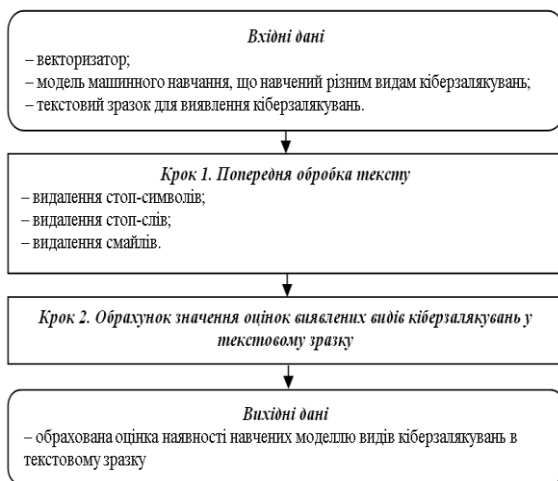


Рисунок 1. Кроки методу інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті

Після попередньої обробки текстового зразка, а саме очищення від стоп-слів та символів, видалення смайлів відбувається обрахунок значення оцінок виявлених видів кіберзалякувань у текстовому зразку, таким чином, відбувається мультикласова класифікація кіберзалякувань у текстовому зразку. Було проведено аналіз ефективності розробленого методу інтелектуального виявлення та

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті, які показали наступні результати макрометрик: Accurasy 0.94, Precision 0.93, Recall 0.93, F1 0.93. Результати мультикласової класифікації кіберзалякувань мікрометрик наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати мікрометрик мультикласової класифікації кіберзалякувань

	Precision	Recall	F1
Religion	0.95	0.97	0.96
Age	0.99	0.98	0.98
Ethnicity	0.99	0.99	0.99
Gender	0.91	0.91	0.91
Not cyberbullying	0.83	0.82	0.83

Отже, згідно проведеного дослідження ефективності, розроблений метод інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті з використання моделі машинного навчання на основі BERT, показує точність понад 82% для мультикласового виявлення типів кіберзалякувань.

Література

- [1] Darcy & Roy Press. URL: <https://drpress.org/ojs/index.php/EHSS/article/download/17833/17343> (дата звернення: 29.08.2024).
- [2] Method for cyberbullying neuronetwork detection using cloud services and object-oriented model / М. МОЛЧАНОВА et al. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2024. Vol. 333, no. 2. P. 200–206. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2> (date of access: 29.08.2024).
- [3] ProTect: a hybrid deep learning model for proactive detection of cyberbullying on social media / Т. Nitya Harshitha et al. Frontiers in Artificial Intelligence. 2024. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1269366> (date of access: 29.08.2024).
- [4] Aliyeva Ç. O., Yağanoğlu M. Deep learning approach to detect cyberbullying on twitter. Multimedia Tools and Applications. 2024. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19869-3> (date of access: 29.08.2024).
- [5] Cyberbullying Classification. Kaggle: Your Machine Learning and Data Science Community. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/cyberbullying-classification> (date of access: 29.08.2024).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

UDC 004.056: 004.9+629.4

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: HOW
TECHNOLOGY IS CHANGING APPROACHES TO
LEARNING**

V. Lavrukhin

*Odesa Polytechnic National University, Ukraine
EMAIL: lavrslava@gmail.com*

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: ЯК ТЕХНОЛОГІЇ
ЗМІНЮЮТЬ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ**

В. Лаврухін

Національний університет "Одеська політехніка"

Abstract. *This paper explores the impact of artificial intelligence on education, including personalized learning, interactive platforms, and adaptive technologies. Particular attention is paid to the benefits of AI for learning and the challenges related to privacy and ethics.*

Keywords: *Artificial intelligence (AI), Personalized learning, Interactive educational platforms, Adaptive educational technologies, Assessment and feedback, Virtual reality (VR), Augmented reality (AR), Educational games*

Анотація. *Ця робота досліджує вплив штучного інтелекту на освіту, зокрема персоналізоване навчання, інтерактивні платформи та адаптивні технології. Особлива увага приділяється перевагам ШІ для навчання та викликам, пов'язаним із конфіденційністю та етикою.*

Ключові слова: *Штучний інтелект (ШІ), Персоналізоване навчання, Інтерактивні освітні платформи, Адаптивні освітні технології, Оцінювання та зворотний зв'язок, Віртуальна реальність (VR), Доповнена реальність (AR), Освітні ігри*

Artificial Intelligence (AI) is increasingly transforming various aspects of our lives, and education is a prime example. In recent years, AI has emerged as a powerful tool in reshaping the educational landscape, offering innovative approaches that enhance both the efficiency and accessibility of learning.

This article explores how AI is revolutionizing education, the benefits it brings, and the challenges it presents. One of the most significant

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

contributions of AI in education is the ability to create personalized learning plans. AI systems analyze extensive data on students' progress, strengths, weaknesses, preferences, and interests. Based on this analysis, they can tailor instructional materials, assignments, and resources to meet each student's individual needs. This personalized approach ensures that every student receives instruction that aligns with their learning style and pace, leading to a more effective and engaging educational experience.

Adaptive learning platforms like DreamBox and Khan Academy exemplify this personalized approach. These platforms use machine learning algorithms to continuously monitor student performance and dynamically adjust course content. When a student struggles with a particular concept, the system identifies this and provides additional exercises and explanations to help them understand the material better. Conversely, if a student excels, the platform introduces more challenging material to keep them engaged and progressing. This dynamic adjustment helps maintain optimal learning conditions and promotes sustained academic growth. AI-powered educational tools also enhance engagement by offering interactive and dynamic forms of learning. Chatbots and virtual assistants, such as those used by Duolingo and Coursera, provide real-time support by answering questions, offering instant feedback, and guiding learners through course materials.

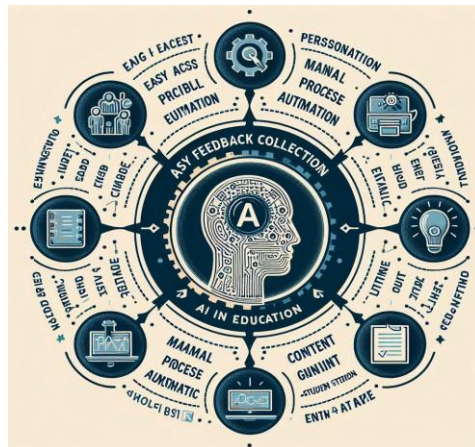


Figure 1. AI-Powered Education Benefits

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

These tools enable a more conversational and responsive learning environment, making education more accessible and less monotonous.

The availability of 24/7 support through these AI-driven tools is particularly beneficial for students with diverse schedules or those studying across different time zones. Learners can access assistance and resources whenever needed, promoting flexibility and accommodating various learning preferences.

Additionally, chatbots can conduct interactive activities like quizzes, discussions, and assignments, further enriching the educational experience and encouraging active participation.

Advanced adaptive learning technologies take personalization further by adjusting the complexity and format of assignments based on real-time assessments of a student's knowledge and skills.

Platforms like Smart Sparrow and McGraw-Hill Education use AI algorithms to analyze student interactions and adapt content difficulty levels to suit individual competencies.

This approach not only enhances learning efficiency but also reduces student stress by ensuring that assignments are always at an optimal level of challenge. AI also streamlines administrative tasks such as grading and providing feedback, allowing educators to focus more on instruction and student engagement.

Automated systems, including Turnitin and Grammarly, can quickly and accurately evaluate written work, identify errors, and offer suggestions for improvement.

These tools help students refine their writing skills by providing detailed, constructive feedback, and enable teachers to allocate more time to developing lesson plans and supporting students' critical thinking and creativity. Moreover, AI supports the development of immersive and interactive learning environments through virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies.

Programs like Google Expeditions and Labster allow students to explore virtual simulations of historical sites, scientific experiments, and complex concepts that might be challenging to experience in traditional classroom settings.

These immersive experiences enhance comprehension and retention by providing visual and hands-on learning opportunities without the constraints of physical resources or geographical limitations. However, despite the numerous advantages, integrating AI into education presents several

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

challenges that need to be addressed. One primary concern is the protection of students' personal data.

AI systems rely on the collection and analysis of vast amounts of information, raising issues related to privacy and data security. Ensuring robust safeguards and transparent data usage policies is essential to maintaining trust and protecting sensitive information. Ethical considerations are also critical in the deployment of AI in education. There is a risk of inherent biases within AI algorithms, which can lead to unfair or discriminatory outcomes.

Developing and implementing fair, transparent, and accountable AI systems is crucial to prevent unintended consequences and ensure equitable access to educational opportunities for all students. Looking ahead, the future of AI in education appears promising, with continuous technological advancements offering new possibilities for enhancing learning experiences. To maximize AI's potential, ongoing research and responsible implementation are necessary.

By addressing challenges related to privacy, ethics, and accessibility, AI can significantly improve the quality and inclusivity of education. In conclusion, AI is a transformative force in modern education, offering personalized, efficient, and engaging learning solutions.

When applied thoughtfully and regulated appropriately, AI has the capacity to revolutionize education, helping every learner reach their full potential and preparing them for success in an increasingly complex and dynamic world.

References

- [1] "Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications" Wayne Holmes, Maya Bialik, Charles Fadel Center for Curriculum Redesign (2019)
- [2] "The Impact of Artificial Intelligence on Education: A Review" H. Chen, X. Zhang IEEE Access, 2020
- [3] "Machine Learning for Education: A Comprehensive Review" H. He, X. Wu Journal of Educational Computing Research, 2021
- [4] "Artificial Intelligence in Education: Theoretical and Practical Perspectives" M. Luckin, P. Blikstein, G. McKendree, L. Roll Routledge, 2016
- [5] "AI in Education: The Revolution That Will Change Everything" R. Luckin Routledge, 2020

УДК 004

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ
ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ РІЗНОРІДНИХ ДАНИХ З
ЕКОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ

П. Богайчук¹[0000-0031-6681-1129], Ph.D. М. Рудніченко²[0000-0002-7343-8076],
В. Бєлянська³[0000-0002-6302-1832]

¹Міжрегіональна академія «МАУП», Україна,
^{2,3}Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹papastasha@gmail.com, ²nickolay.rud@gmail.com,
³belyanskaya00000@gmail.com

ANALYSIS OF MODERN DEEP LEARNING MODELS FOR
INTELLECTUAL ANALYSIS OF LARGE VOLUMES OF
HETEROGENEOUS DATA ON ECOLOGICAL PHENOMENA

P. Bohaichuk¹, Ph.D. M. Rudnichenko², V. Belyanska³

¹Interregional Academy "MAUP", Ukraine,
^{2,3}Odesa Polytechnic National University, Ukraine

Анотація. У даній роботі розглянуто особливості та можливості використання сучасних моделей глибокого навчання для інтелектуального аналізу різнорідних даних великих обсягів з екологічних явищ на прикладі штучних нейронних мереж. Надано аналіз відомих та ефективних видів моделей, що мають потенціал до гібридизації з метою їх використання для практичних цілей.

Ключові слова: глибоке навчання, інтелектуальний аналіз даних великих обсягів, екологічні явища.

Abstract. This paper examines the features and possibilities of using modern deep learning models for the intellectual analysis of large amounts of disparate data on ecological phenomena using artificial neural networks. There was presented popular and effective types of models that have the potential for hybridization in order to use them for practical purposes are considered.

Keywords: deep learning, intelligent analysis of large volumes of data, ecological phenomena.

Сьогодні все більш актуальними стають складні моделі глибокого навчання, що використовують підходи інтелектуального аналізу даних на базі використання штучних нейронних мереж (ШНМ).

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Це пов'язано з тим, що різноманітний характер даних та їх великі обсяги не можуть бути проаналізовані в ручному режимі. Характерними для сучасної сфери спостереження та прогнозу різних екологічних явищ є такі дані як: наслідки зміни клімату, вирубка лісів, масштабні пожежі, врожайність сільськогосподарських культур та викиди парникових газів [1]. У зв'язку з цим актуальним завданням є дослідження сучасних моделей глибоких нейромереж з метою виявлення можливих шляхів їх гібридизації, підвищення ефективності та швидкості аналізу даних. В рамках аналізованої проблематики важливим аспектом аналізу даних під час прогнозу екологічних явищ є візуальна аналітика, тобто застосування ШНМ для виявлення аномалій у екологічній статистиці по всьому світу, де обсяг даних є надзвичайно великим. Найбільш поширеною архітектурою штучних нейронних мереж (ШНМ) є згорточні нейронні мережі (CNN). CNN призначені для обробки зображень і вивчення просторових особливостей з них. Вони складаються з кількох згорткових шарів, за якими йдуть шари об'єднання та повністю зв'язані шари. CNN довели ефективність у класифікації ґрунтового покриву, картографуванні рослинності та моніторингу вирубки лісів. Крім того, моделі ШНМ підвищують точність виявлення змін у землекористуванні та ґрунтовому покриві, надаючи цінну інформацію для управління екосистемами та заходів щодо збереження [2]. ШНМ продемонстрували свою ефективність у вдосконаленні кліматичних моделей, фіксуючи складні взаємозв'язки в кліматичних даних. Мережі рекурентних нейронних мереж (RNN) і довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM) особливо корисні для моделювання часових залежностей у наборах кліматичних даних. Моделі ШНМ підвищують точність кліматичних прогнозів, сприяючи більш обґрунтованому прийняттю рішень у таких сферах, як сільське господарство, управління водними ресурсами та екстремальні явища [3]. Крім того, збереження біорізноманіття має вирішальне значення для підтримки екологічної рівноваги. ШНМ відіграє ключову роль в оцінці біорізноманіття через ідентифікацію видів, моніторинг популяції та картографування середовищ існування. Моделі виявлення об'єктів, такі як Faster R-CNN, You Only Look Once (YOLO) і Single Shot Multibox Detector (SSD), забезпечують ефективну та точну ідентифікацію дикої природи на зображеннях фотопасток [4].

Faster R-CNN – це модель виявлення об'єктів, яка покращує Fast R-CNN, використовуючи регіональну мережу пропозицій (RPN) із

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

моделлю CNN. Це повністю згорточна мережа, яка одночасно передбачає межі об'єктів і оцінки об'єктності в кожній позиції. RPN навчений наскрізно для створення високоякісних пропозицій регіонів, які використовуються Fast R-CNN для виявлення. RPN і Fast R-CNN об'єднані в єдину мережу завдяки спільним функціям згортки. You Only Look Once або YOLO є найсучаснішою системою виявлення об'єктів у реальному часі. Це настільки швидко, що стало стандартним способом виявлення об'єктів у полі комп'ютерного зору. З моменту появи він перевершив інші алгоритми, такі як виявлення об'єктів у ковзному вікні, R CNN, Fast R CNN, Faster R CNN тощо. Single Shot MultiBox Detector (SSD) — це одноетапна мережа виявлення об'єктів, яка інноваційно виявляє об'єкти різних розмірів за допомогою карт функцій різної роздільної здатності. SSD демонструє кращу продуктивність порівняно з YOLO. SSD призначений для виявлення об'єктів у режимі реального часу та прискорює процес, усуваючи потребу в регіональній мережі пропозицій. Щоб відновити втрату точності, SSD застосовує кілька вдосконалень, що дозволяють SSD відповідати точності Faster R-CNN, використовуючи зображення з нижчою роздільною здатністю, що ще більше підвищує швидкість.

Підводячи підсумки, Faster R-CNN є складними та надто повільними, моделі YOLO швидкі та менш точні, тоді як SSD встановлює баланс між швидкістю та точністю. SSD можна навчити наскрізно для кращої точності. SSD робить більше прогнозів і має краще покриття щодо розташування, масштабу та співвідношення сторін. Отримані результати будуть використані у подальших дослідженнях в рамках кваліфікаційної роботи.

Література

- [1]. Nasa AI Model for Analyzing Satellite Data: <https://petapixel.com/2023/08/03/ibm-and-nasa-create-open-source-ai-model-for-analyzing-satellite-data>
- [2]. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Deep residual learning for image recognition. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). 2016. p. 770–8.
- [3]. Rasp S, Pritchard MS, Gentine P. Deep learning to represent subgrid processes in climate models. Proc Natl Acad Sci. 2018;115(39):9684–9.
- [4]. Tuia D, Kellenberger B, Beery S, et al. Perspectives in machine learning for wildlife conservation. Nat Commun. 2022;13:792.

SECTION 3. MODELING AND SOFTWARE ENGINEERING

UDC 519.85

**OPTIMIZATION GEOMETRIC DESIGN IN INTELLIGENT
SYSTEMS FOR ENSURING SAFETY**

Dr.Sci. A. Chuhaï^{1,2}[0000-0002-4079-5632], **Dr.Sci. G. Yaskov**^{1,3} [0000-0002-1476-1818],
Dr.Sci. O. Starkova²[0000-0002-9034-8830]

¹ *Anatolii Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine,*

² *Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine,*

³ *Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine*

EMAIL: ¹chugay@ipmach.kharkov.ua, ³yaskov@ukr.net, ²olha.starkova@hneu.net

**ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУ В
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ДЛІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БЕЗПЕКИ**

Dr.Sci. А. Чухай^{1,2}, **Dr.Sci. Г. Яськов**^{1,3}, **Dr.Sci. О. Старкова**²

¹*Інститут проблем машинобудування імені Анатолія Підгорного НАН України, Україна,*

²*Харківський національний економічний університет імені Симона Кузнеця, Україна,*

³*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

Abstract. *Packing optimization problems have diverse real-world applications, particularly in safety systems across various industries. A critical application is the safe storage of spent nuclear fuel (SNF), where optimizing the placement of congruent circles within a multiconnected domain, under technological constraints, is essential. We developed a mathematical model for this problem, using phi-function techniques to represent relationships between geometric objects. This approach reduces the problem to a nonlinear programming task, offering an effective solution framework.*

Keywords: *Intelligent systems for ensuring safety, optimization packing problem, mathematical modeling, phi-function, non-linear programming.*

Анотація. *Проблеми оптимізації упаковки мають різні реальні застосування, зокрема в системах безпеки в різних галузях. Важливим застосуванням є безпечне зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), де оптимізація розміщення конгруентних кіл у багатозв'язній області за технологічних обмежень є важливою. Ми розробили математичну модель для цієї проблеми, використовуючи методи фі-функції для представлення зв'язків між геометричними об'єктами. Цей підхід зводить проблему до завдання нелінійного програмування, пропонуючи ефективну структуру рішення.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Ключові слова: інтелектуальні системи забезпечення безпеки, оптимізаційна задача пакування, математичне моделювання, ϕ -функція, нелінійне програмування.

In today's advanced world, safety systems are essential for ensuring the secure and reliable operation of various technologies, protecting people and infrastructure from hazards [1,2]. They are especially critical in industries with catastrophic failure risks, such as nuclear power, chemical manufacturing, and aviation, where they are designed to prevent and mitigate accidents [3]. Safety systems are crucial not only for preventing threats but also for detecting and responding to incidents. With continuous monitoring and advanced analytics, these systems quickly identify issues and initiate responses, managing risks before they escalate. A key application is in storing hazardous materials like flammable liquids and gases. Safe storage involves more than containment; it requires minimizing accident risks and ensuring rapid response. The challenge includes both physical containment and strategic container placement, considering factors like substance type, container characteristics, and spatial arrangement to reduce hazards and improve response. The primary objective of this study is to develop a comprehensive mathematical model to address the optimal placement of containers, along with devising effective methods for finding a solution. This paper emphasizes the creation of an intelligent system designed to determine the optimal arrangement of containers within a storage area. By casting the problem as an optimization challenge, where the problem is to position congruent circles within a multiconnected domain while strictly adhering to technological and safety constraints, we tackle a critical issue relevant to nuclear, thermal, and chemical safety. The system employs advanced mathematical modeling techniques, particularly the ϕ -function method, which effectively represents the geometric relationships between objects. This approach simplifies the problem by converting it into a nonlinear programming problem, making it more tractable for computational algorithms. The proposed intelligent system integrates these mathematical models and algorithms to deliver a robust solution for safe and efficient storage. By highlighting the key features and benefits of the system, the paper demonstrates its potential to significantly enhance operational safety and storage efficiency in various industrial facilities.

The goal of geometric design optimization is to find the optimal spatial arrangement of geometric entities within a container, adhering to all rules and constraints, to achieve the best possible outcome. This emphasizes

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

precision and efficiency in container design and placement, maximizing safety and operational effectiveness. To effectively frame the problem of container placement within the context of geometric design optimization and safety systems, it is crucial to analytically define several key elements of the system: the spatial form of the placement area, the spatial form of the entities to be placed within the placement area, the technological conditions for positioning a specified set of entities within the placement zone, the optimization criterion. The technological restrictions governing the placement of a given set of objects within the designated area can be classified into two primary types of constraints. Problem statement: determine the vector that ensures the placement of the maximum number of circles from a given set within the designated area while adhering to the specified technological constraints. To address this problem, a multi-stage methodology is proposed for packing containers, taking into account the defined technological constraints. At each stage, nonlinear optimization techniques and advanced NLP (Nonlinear Programming) solvers are employed [4,5]. The proposed methodology hinges on a multi-stage solution approach. In order to optimally fill a given area under the imposed constraints, the first stage involves solving an optimization problem aimed at placing the maximum number of containers within a complex area that includes restricted zones. To ensure safety from heightened thermal and ionizing levels, and to achieve a uniform distribution of ionizing radiation within the storage area for spent nuclear fuel, constraints are imposed on the minimum allowable distances between groups of containers. At this stage, a modification of the feasible direction method, incorporating an active set strategy, is developed for local optimization. For global optimization, a sequential statistical optimization method is designed, ensuring that the overall solution effectively balances safety requirements and maximizes the utilization of the available space. In the second stage, to ensure proper servicing conditions for the containers within the area, the focus shifts to addressing the placement of clusters of various geometric shapes. These clusters must be arranged to maintain specific distances that allow the passage of service equipment. To solve this problem, a nonlinear optimization method based on the interior point method is employed, enhanced by a special decomposition algorithm. This approach effectively handles the complex spatial relationships and distance constraints necessary for safe and efficient servicing. In the third stage, the total ionizing field of the area is calculated. If the resulting ionizing field does not meet the

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

established safety and operational criteria, the problems from the first two stages are revisited iteratively. This iterative process continues until the desired field parameters are achieved, ensuring that both the spatial configuration and the safety requirements are fully optimized. To address the problem in the first stage, a systematic strategy has been developed incorporating the following methodological sequence. Constructing starting points: the approach utilizes the regular placements method and the block coordinate descent method to generate starting configurations. These methods facilitate the systematic arrangement of congruent three-dimensional geometric objects within the feasible domain. Local extrema search: a refined method of feasible directions, augmented with an active set strategy applied to subdomains, is employed to locate local extrema. This approach is designed to efficiently navigate the local landscape of the objective function and identify potential optimal solutions within specific regions. Approaching global extrema: a modified narrowing neighborhoods method is used to refine the search for global extrema. This technique systematically reduces the search area to focus on finding the global optimal solution. The primary strategy involves optimizing the objective function defined over a set of permutations. For an effective global extremum search, the objective function must exhibit quasi-separability and possess multiple extrema. The distribution of these local extrema should follow a pattern that can be statistically characterized, treating each extremum as an outcome of a random variable. In constructing starting points within the feasible domain, methods are employed that involve sequentially placing three-dimensional geometric objects. This process is facilitated by either the block coordinate descent method or the regular placements method, both of which focus on arranging congruent three-dimensional geometric objects. The phi-function method is utilized for formulating the mathematical model, allowing the application of contemporary nonlinear optimization techniques across all stages of the problem-solving process. This includes initial point generation, local extremum search, and the exploration of local extrema, leveraging the phi-function method's capability to represent complex geometric relationships.

References

- [1] Bates D. W., Gawande A. A., Improving Safety with Information Technology. *New England Journal of Medicine*. 2013. Vol. 348. P. 2526–2534. Doi: 10.1056/NEJMs020847.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[2] Benintendi R., Rodriguez Guio A. D., Marsh S. C. A risk-based approach to safety distance determination in the process industry. 2014. Symposium Ser. No. 159. URL : <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219572699>.

[3] Fischer M., Klingel L., Lechler A., Verl A., Neubauer M. Dynamic Safety Distance Determination for Human Robot Coexistence in Industrial Applications. Advances in Automotive Production Technology – Towards Software-Defined Manufacturing and Resilient Supply Chains: monograph / Kiefl N., Wulle F., Ackermann C., Holder D. (eds.); SCAP 2022, ARENA2036. Springer, Cham, 2023. Doi : 0.1007/978-3-031-27933-1_4.

[4] Romanova T., Stoyan Yu., Pankratov A., Litvinchev I., Kravchenko, Z. Duryagina, O. Melashenko, A. Chugai. Optimized packing soft ellipses. Human-Assisted Intelligent Computing : Modelling, simulations and applications : monograph. IOP Publishing, 2023. P. 9.1–9.14. Doi: 10.1088/978-0-7503-4801-0ch9.

[5] Yaskov G., Chugay A. Packing equal spheres by means of the block coordinate descent method. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020) : Proc. of CMIS-2020, Zaporizhzhia, Ukraine, April 27 – May 1, 2020. P. 156–158. Doi : 10.32782/cmisi/2608-13.

UDC 336.71

**APPLICATION OF GARCH MODELS IN THE ASSESSMENT AND
FORECASTING OF CREDIT MARKET VARIABLES**

Dr.Sci. O. Mandych^{1[0000-0002-4375-2208]}, **Ph.D. T.Staverska**^{1[0000-0001-8417-2982]},
Ph.D. O. Horokh^{1[0000-0003-1490-9074]}, **Ph.D. S. Brik**^{2[0000-0002-5411-4885]},
Ph.D. V. Makohon^{1[0000-0002-5967-1760]}

¹*State Biotechnological University, Ukraine*

²*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine*

*EMAIL: ol.mandych@gmail.com, staverskaya@gmail.com,
gorohsasha82@gmail.com, svetsvb@gmail.com, wimak.ua@gmail.com*

**ЗАСТОСУВАННЯ GARCH МОДЕЛЕЙ ПРИ ОЦІНЦІ ТА
ПРОГНОЗУВАННІ VAR КРЕДИТНОГО РИНКУ**

Dr.Sci. O. Мандич¹, **Ph.D. Т.Ставерська**¹, **Ph.D. О. Горох**¹, **Ph.D. С. Брік**²,
Ph.D. В. Макогон¹

¹*Державний біотехнологічний університет, Україна,*

²*Національний технічний університет "Харківській політехнічний інститут",
Україна*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Abstract.** The efficiency of applying GARCH models in assessing and forecasting the VaR of the Ukrainian credit market is evaluated.*

***Keywords:** Value at Risk (VaR), GARCH-model, Christophersen-test Kupiec-test, RiskMetrics, Volatility.*

***Анотація.** Здійснено оцінку ефективності застосування моделей GARCH при оцінці та прогнозуванні VaR українського кредитного ринку.*

***Ключові слова:** Вартість під ризиком (VaR), GARCH-модель, тест Крістоферсена, тест Купця, ризик-метрика, волатильність.*

A sign of the present is the permanent increase in the volatility of financial markets, which encourages the development of more advanced risk forecasting tools. A fairly common indicator of its assessment is VaR – the cost at risk, which characterizes the maximum loss for a given level of confidence. That is, an estimate of the tails of the empirical distribution of financial losses. It can be used to assess all kinds of financial risks.

The VaR method, which is the basis of RiskMetrics®, has been used by J.P. Morgan since 1994 as a risk management method. Its essence is set out in the works of Jorion, Duffie and Pan and Dowd [1,2,3]. Despite the results of some studies pointing out the disadvantages of VaR, due to the lack of subadditivity and convexity [4], today it remains the most common in the quantitative assessment of financial risks [5]. With this in mind, it is expedient to test the econometric approach based on VaR for an empirical study of the Ukrainian credit market. In particular, an attempt was made to model the clustering of volatility for the generalized autoregressive model of conditional heteroscedasticity (GARCH). Both asymmetric and symmetric GARCH models with four types of residual distribution were tested: normal, normal, and asymmetric t-Student's distribution, as well as the reparameterized Johnson distribution. This made it possible to conduct back-testing and evaluate the accuracy of VaR calculated using the analyzed GARCH models. Coverage tests of the likelihood ratio according to the Kristoffersen methodology were calculated, both conditional, known as the Kupiec test, and the unconditional tests, i.e. the Christoffersen test.

Based on the results of modeling, an attempt was made to assess the feasibility of using GARCH models in assessing and forecasting the VaR of the Ukrainian credit market. As the object of the study, the daily values of the integrated series of interest rates from January 3, 2020 to February 22, 2022 were chosen, which includes both relatively calm and pre-crisis time periods. Descriptive statistics for the studied integrated series of interest

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

rates showed the presence of asymmetry and excess. Taking into account the AIS criteria, the ARIMA model (4,0,0) was chosen as adequate for modeling a series of interest rates integrated at the first level. A significant presence of ARCH and cluster effects was found in the residues. At the same time, the analysis of the residuals of the analyzed GARCH models using ARCH-LM test showed the absence of conditioned heteroscedasticity. The models have sufficient statistical characteristics both in terms of autocorrelation and in terms of eliminating the ARCH effect.

VaR forecasts for interest rates for all GARCH models indicate unsatisfactory results and, accordingly, do not pass this test at the 95% confidence level. At the same time, seven of the eight analyzed models, except for ARIMA (4,0,0) – GJR-GARCH (1,1), also did not pass the Kupets test with a confidence probability of 99%. The results of the Kristoffersen test with a confidence probability of 95% revealed only one ARIMA model (4,0,0) – EGARCH (1,1), which with a significance level of $0.0812 > 0.05$ confirmed the combined hypothesis. Therefore, it can be used to describe the clustering of volatility, since only it has "breakouts" close to the expected ones. For other models, the null hypothesis of correct exceedances and independence of failures should be rejected and therefore they were Disqualified. The results of the Kristoffersen test with a confidence level of 99% were found to be positive at the specified confidence level, and therefore they can be used for prediction, but given the results of the Kupiec and Christophersen test at the level of 95%, such results are too encouraging and need to be verified. It should be noted that only ARIMA (4,0,0) – GJR-GARCH (1,1) and ARIMA (4,0,0) – EGARCH (1,1) with an asymmetric Student's t-distribution passed the Kupetz tests with a 99% probability and Kristoffersen tests with a 95% probability. Therefore, we state that only they are suitable for determining volatility clustering. At the same time, it should be taken into account that any evidence of an accurate VaR model can only be described using hit sequences that satisfy both the unconditional coverage properties and the independence properties. Therefore, an option for constructing an accurate VaR model for the credit market is to combine these GARCH models and the Pareto distribution of balances, similar to that used in the theory of extreme values. This is an idea for further analysis, although it would also be interesting to investigate the dynamics of individual segments of the credit market to see if this finding can be generalized to them.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

References

- [1]. P. Jorion, Risk: Measuring the risk in value at risk, Financial Analysts Journal 52 (1996)47–56. doi:10.2469/faj. v52.n6.2039.
- [2]. D. Duffie, J. Pan, An overview of value at risk, The Journal of Derivatives 4 (1997) 7–49. doi:10.3905/jod.1997.407971.
- [3]. K. Dowd, Beyond value at risk: The new science of risk management, John Wiley & Sons, New York, NY, 1998.
- [4]. S. Cheng, Y. Liu, S. Wang, Progress in risk measurement, Advanced Modelling and Optimization 6(1) 2004 1-20.
- [5]. M. Orhan, B. Köksal, A comparison of GARCH models for VaR estimation, Expert Systems with Applications 39 2012 3582-3592. doi: 10.1016/j.eswa.2011.09.048.

UDC 336.71

**ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ НА ПІДЗЕМНИХ
СХОВИЩАХ ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Ph.D. В. Воловецький^{1[0000-0001-8575-5143]},

Dr.Sci. Ю. Романишин^{2[0000-0001-7231-8040]}, **Dr.Sci. П. Райгер**^{3[0000-0002-3437-2844]}

¹Філія «Науково-дослідний інститут транспорту газу» АТ «Укртрансгаз»,
Україна,

^{2,3}Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Україна

EMAIL: ¹vvb11@ukr.net, ²yulromanyshyn@gmail.com, ³petro.raiter@nung.edu.ua

**PREDICTING OF HYDRATE FORMATION IN UNDERGROUND
GAS STORAGE FACILITIES USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

Ph.D. V. Volovetskyi¹, **Dr.Sci. Y. Romanyshyn**², **Dr.Sci. P. Raiter**²

¹Branch R&D Institute of Gas Transportation Joint Stock Company
«Ukrtransgaz», Ukraine

²Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Анотація. Розглянуто можливі ускладнення, які пов'язані з утворенням гідратів, що можуть спостерігатися під час експлуатування підземних

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

сховищ газу. Розроблено систему прогнозування утворення гідратів на підземних сховищах газу з використанням технологій штучного інтелекту.

***Ключові слова:** свердловина, підземне сховище газу, гідратоутворення, нейронні мережі, штучний інтелект.*

***Abstract.** It is considered possible complications related to the hydrate formation that may occur during the operation of underground gas storage facilities. A prediction system for the formation of hydrates in underground gas storage facilities has been developed by using artificial intelligence technologies.*

***Keywords:** well, underground gas storage, hydrate formation, neural network, artificial intelligence.*

Під час експлуатування підземних сховищ газу (ПСГ) виникає чимало проблемних питань, які потребують негайного розв'язання. Тому для забезпечення стабільного експлуатування ПСГ проводять детальний аналіз всіх технологічних процесів, виявляють можливі ускладнення та розробляють заходи для їх запобігання та усунення.

Під час зміни термодинамічних умов по шляху руху газу з пласта до газозбірного пункту можуть утворюватися гідрати. З практичного досвіду відомо, що гідрати можуть відкладатися у внутрішній колоні насосно-компресорних труб від вибою до устя, а далі – в обв'язці фонтанної арматури свердловини (засувках, котушках, трійниках тощо), у шлейфі як на прямолінійних ділянках, так і у місцевих опорах (понижених ділянках, відводах, переходах тощо), у наземних та підземних трубопроводах газозбірного пункту, перекирній арматурі, кранах, штуцерах регулювальних, колекторах, технологічному обладнанню тощо. Гідратоутворення призводить до зменшення прохідного діаметру внутрішньої порожнини трубопроводу і, відповідно, до зниження дебіту свердловин а в окремих випадках може відбуватися припинення їх експлуатування. Це негативно впливає на можливість забезпечення технологічного режиму свердловин та досягнення потрібної продуктивності газосховища для подальшого подавання запланованого обсягу газу в магістральний газопровід. Тому ця проблема вимагає детального аналізування та застосування нових ефективних підходів. У світовій практиці відомо ряд підходів щодо прогнозування гідратоутворення під час експлуатування свердловин на ПСГ. Інтенсивне використання цифрових технологій сприяє розвитку та широкому застосуванню нових підходів у прогнозуванні із використанням технологій штучного інтелекту. Тому авторами

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

пропонується використання технологій штучного інтелекту для розв'язання вищевказаного завдання прогнозування гідратуутворення на ПСГ. Дослідження алгоритмів опрацювання інформації на основі штучних нейронних мереж пов'язані з тим, що спосіб оброблення інформації людським мозком суттєво відрізняється від методів, які використовують в процесі опрацювання даних на комп'ютерах. Людський мозок є досить складною системою опрацювання інформації, для якої характерним є паралельне опрацювання нелінійної взаємопов'язаної інформації з великою долею невизначеності [1].

Поняття застосування нейронів пов'язано з поняттям пластичності людського мозку, тобто з властивістю налаштування нервової системи відповідно до змін навколишніх умов. Саме пластичність відіграє найважливішу роль в роботі вказаних алгоритмів штучного інтелекту. У загальному випадку нейронна мережа є програмно-апаратним пристроєм, який моделює (дещо спрощено) спосіб опрацювання інформації і вирішення мозком конкретної задачі. Застосування на практиці алгоритмів штучних нейронних мереж забезпечує такі переваги систем, а саме: нелінійність зв'язків вхід-вихід; адаптивність; використання асоціацій; масштабування вхідних даних тощо.

Автори розробили систему прогнозування гідратуутворення на ПСГ з використанням технологій штучного інтелекту, тобто:

- в програмному середовищі MATLAB за допомогою функції `nntool` створено програмний модуль двошарової штучної нейронної мережі з довільним набором вагових коефіцієнтів;

- за допомогою функції `train` відбувається навчання нейронної мережі на вхідних та вихідних даних (за результатами фактичних даних);

- розроблена штучна нейронна мережа використовується як засіб прогнозування гідратуутворення з можливістю уточнення вагових коефіцієнтів у процесі її експлуатування за умови отримання додаткових оновлених даних, як вхідного набору для модифікації коефіцієнтів і, відповідно, удосконалення алгоритму прогнозування штучної нейронної мережі. За умови відсутності нових даних для «донавчання» штучної нейронної мережі, її використовують як обчислювальний засіб, який на базі вхідних даних про поточні вище вказані вибрані технологічні параметри рухомого середовища в трубопроводі, забезпечує на виході значення в діапазоні від 0 до 1 (або

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

від 0% до 100%), що вказує на ймовірність утворення гідратів на контрольованій ділянці трубопроводу.

Застосування такого підходу дає змогу «донавчати» тобто удосконалювати нейронну мережу, тому цей засіб прогнозування гідратоутворення об'єктивно підвищує достовірність отриманих результатів у процесі прогнозування і функціонування системи [2].

Впровадження на виробництві розробленої системи прогнозування гідратоутворення на ПСГ з використанням технологій штучного інтелекту дасть змогу забезпечувати як стабільне експлуатування свердловин, так і газосховищ в цілому.

Література

[1] S.S. Haykin *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. 2nd Ed., Prentice-Hall of India Pvt. Limited, 1999, 823 p.

[2] V.B. Volovetskyi, Ya.V. Doroshenko, S.V. Matkivskyi, P.M. Raiter, O.M. Shchyrba, S.M. Stetsiuk, H.Ya. Protsiuk. Development of methods for predicting hydrate formation in gas storage facilities and measures for their prevention and elimination, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2023, 117/1, P. 25-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.5955>

УДК 004.042: 004.94: 681.518

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРИЧНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ КРИТИЧНОГО ОБ'ЄКТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Dr.Sci. I. Грицук^{1[0000-0001-7065-6820]}, **Dr.Sci. O.Горобченко**^{2[0000-0002-9868-3852]},
Ю. Дудник^{2[0000-0003-0701-3835]}, **В. Мацюк**^{3[0000-0003-2355-2564]}

¹*Херсонська державна морська академія, Україна,*

²*Державний університет інфраструктури та технологій, Україна*

³*Національний університет біоресурсів і природокористування України*
EMAIL: gritsuk_iv@ukr.net, gorobchenko.a.n@gmail.com, yu.dudnyk@gmail.com,
vimatsiuk@gmail.com

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATION
MODEL FOR MONITORING AND FORECASTING THE
PARAMETERS OF THE DIESEL POWER UNIT CONDITION FOR
A CRITICAL FACILITY OF RAILWAY TRANSPORT**

Dr.Sci. I.Gritsuk¹, Dr.Sci. O. Gorobchenko², Yu. Dudnyk², V.Matsiuk³

¹*Kherson State Maritime Academy, Ukraine,*

²*State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine*

³*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine*

***Анотація.** В роботі показані особливості розробки інформаційної моделі моніторингу та прогнозування параметрів стану дизель-енергетичного агрегату, використання якого планується на критичному об'єкті залізничного транспорту в умовах повоєнного розвитку України.*

***Ключові слова:** інформаційна модель, моніторинг, прогнозування, параметр, стан*

***Abstract.** The paper shows the features of the development of an information model for monitoring and forecasting the state parameters of a diesel-power unit, which is planned to be used at a critical railway transport facility in the conditions of Ukraine's post-war development.*

***Keywords:** information model, monitoring, forecasting, parameter, state*

Постійний розвиток науки і техніки, використання сучасних інформаційних технологій, автоматизація процесів експлуатації та управління об'єктами залізничного транспорту вимагають суттєвого вдосконалення організаційних, технологічних і технічних заходів, що забезпечують їх підтримку в робочому стані в життєвому циклі [1-3]. Актуальність дослідження визначається тим, що моніторинг та управління складними системами, пов'язаними з використанням різноманітного обладнання, яке базується на різноманітних фізичних основах, обробці та прогнозуванні параметрів технічного стану окремих елементів систем і обладнання, урахування фізичний стан операторів, є складною технічною задачею і доцільно у застосуванні автоматизованих систем управління, особливо критичного призначення [4, 5].

Розробка інформаційної моделі моніторингу, управління та прогнозування параметрів технічного стану була показана для дизель електричного агрегату (ДЕА), як типового елемента критичного

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

об'єкту інфраструктури залізничного транспорту. У передбачуваному рішенні розглядається застосування контролерів, який відстежує та прогнозує контрольовані параметри ДЕА як у вигляді бортового варіанту, так і у вигляді програмного інформаційного модуля стаціонарного обладнання. У зв'язку з цим модель предметної області ДЕА була представлена:

$$M_{np.o.} = \langle F, H, P, O, V_{ex}, V_{vax}, R \rangle,$$

де: $F = \{f_i / i = 1, I\}$ - автоматизовані функції, що виконуються системою моніторингу та прогнозування параметрів ДЕА, $H = \{h_j / j = 1, J\}$ - завдання обробки даних, необхідне системі для моніторингу та прогнозування параметрів ДЕА, $P = \{p_k / k = 1, k\}$ - сукупність систем, що характеризує кількість, особливості та склад співробітників, які працюють із системою моніторингу та прогнозування параметрів ДЕА, $O = \{o_m / m = 1, M\}$ - об'єкти автоматики ДЕА, які можуть бути представлені як незалежні частини в частині двигуна, генератора та складальної частини, $V = \{v_l / l = 1, L\}$ - інформаційні елементи ДЕА (вхідні та вихідні параметри самої системи), а $R = \{r_y / y = 1, Y\}$ - множини відносин (взаємозв'язків) між компонентами ДЕА.

При формуванні системи моніторингу і з метою забезпечення аналітичного опису семантики системи компоненти описувались за допомогою булевих матриць суміжності, що характеризують відповідні відносини R між компонентами і складовими предметної області. Види відносин між розглянутими множинами показані в

складових функціях через $\{F, H, P, O, V^{in}, V^{out}, R\}$: $FH = \|fh_{ij}\|$,
 $FP = \|fp_{ik}\|$, $FO = \|fo_{im}\|$, $FV = \|fv_{il}\|$, $HP = \|hp_{jk}\|$, $HO = \|ho_{jm}\|$,
 $HV = \|hv_{il}\|$, $OV = \|ov_{mi}\|$. Це дозволяє проводити аналіз та формувати

множинну модель предметної області ДЕА. Ця модель виявляє повноту і несуперечність компонентів по відношенню до всіх множин предметної області, а також відносини між ними.

Графи інформаційних структур для моделі системи моніторингу та прогнозування контрольованих параметрів ДЕА вимагали побудови набору структурних елементів та компонентів на основі моделі її предметної області, створення матриці семантичної суміжності на основі набору структурних елементів та побудова орієнтованого графа її інформаційної структури та матриці семантичних досягнень та

групових елементів її структурної множини, упорядкування груп структурних елементів за рівнями власної ієрархії, вибір та реалізація множини релевантних ключів та атрибутів у групах даних її системи моніторингу, а також побудова канонічної моделі бази даних системи моніторингу ДЕА. Основними структурними елементами моделі системи контролю та прогнозування параметрів ДЕА на базі дизеля стаціонарної дезель-електростанції критичного об'єкту інфраструктури є елементи зазначених наборів: $D = \{d_l \mid l = 1, 66\}$, $P(D) = 66$.

Множини старшинства та досяжності розраховувалися для кожного структурного елемента. Загальний інформаційний елемент всіх інформаційних груп - це елемент d_{56} («Час збирання системної інформації»). Цей елемент також є ключовим через смислову залежність отриманих даних при зборі інформації. Отже, набір ключів $W_1 = \{d_{56}\}$, набір атрибутів $W_2 = \{d_i \mid i = 1, \dots, 55\}$.

Для реалізації прогностичних алгоритмів оцінки параметрів дизель-електричного агрегату розроблено набір відповідних алгоритмів однопараметричного та групового багатопараметричного прогнозування. Процес прогнозування був виконаний як операторне перетворення (P) вихідної (отриманої) інформації про об'єкт дослідження у вигляді її відображення на майбутнє, яке обмежене глибиною прогнозу $P: \{D_i, T\} \rightarrow I$, де P - оператор прогнозування; D_i - інформація про початковий стан об'єкта (у нашому випадку це тимчасовий ряд); T - горизонт прогнозу; I - результат прогнозу. Середня абсолютна помилка у відсотках використовувалася у роботі для оцінки точності моделей прогнозування. При моделюванні параметрів дизель-електричного агрегату були використані принципи, які орієнтовані на конкретні завдання обробки, аналізу даних та функціональні потреби та особливості роботи обслуговуючого персоналу.

Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках розробки проекту 2022.01/0224 за темою «Розробка наукових основ комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах повоєнного розвитку України».

Література

[1] Gritsuk, I.V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A., 2018.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Information model of V2I system of the vehicle technical condition remote monitoring and control in Operation Conditions. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2018-01-0024

[2] Govorushchenko, N.Y., System engineering of motor transport (calculation methods of research): monograph, Kharkov: KhNAHU, 2011, 292.

[3] Troitskiy-Markov T.Y. and Sennovskiy, D.V., Principles for energy efficiency monitoring system, *Monitoring Science and safety*, 2011, № 4, 34-39.

[4] Almobarek, M., Mendibil, K., Alrashdan, A., 2022. Predictive maintenance 4.0 for chilled water system at commercial buildings: A systematic literature review. *Buildings* 12, 1229. doi:10.3390/buildings12081229

[5] Kuric, I., Gorobchenko, O., Litikova, O., Gritsuk, I., Mateichyk, V., Bulgakov, M., Klackova, I., 2020. Research of vehicle control informative functioning capacity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 776, 012036. doi:10.1088/1757-899x/776/1/012036

УДК 629.3.021

**ПРОСТОРОВЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАЛІВ
В АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ГАЛУЗЕВОМУ
МАШИНОБУДУВАННІ**

Dr.Sci. В. Кальченко^{1[0000-0002-9850-7875]}, **Ph.D. А. Кологойда**^{2[0000-0002-1742-2686]},
Ph.D. Н. Сіра^{3[0000-0002-6242-5210]}, **О. Аксьонова**^{4[0000-0001-9768-9542]}, **А. Пінчук**⁵

*Національний університет «Чернігівська політехніка», Україна
EMAIL: ¹kalchenkovi@stu.cn.ua, ²kolohoida@gmail.com, ³nnsira@stu.cn.ua,
⁴aksonova@stu.cn.ua, ⁵andretan082@gmail.com*

**SPATIAL AND MATHEMATICAL MODELING OF SHAFTS IN
ROAD TRANSPORT AND INDUSTRIAL ENGINEERING**

**Dr.Sci. V. Kalchenko, Ph.D. A. Кологойда, Ph.D. N. Sira, O. Aksonova,
A. Pinchuk**

National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine

***Анотація.** Запропоновано базові принципи створення просторових і математичних моделей валів в автомобільному транспорті та галузевому машинобудуванні. Просторові моделі є гнучкими і їх розміри можна легко змінювати в залежності від конфігурації валу. Математичні моделі дозволяють отримати координати руху інструменту для формоутворення поверхонь валів, та забезпечують підвищення точності обробки.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Ключові слова: просторове моделювання, математична модель, проектування.

Abstract. *The basic principles of creating spatial and mathematical models of shafts in road transport and industrial engineering are proposed. Spatial models are flexible and their dimensions can be easily changed depending on the configuration of the shaft. And mathematical models make it possible to obtain the coordinates of the movement of the tool for shaping the surfaces of the shafts, and ensure an increase in the accuracy of processing.*

Keywords: *spatial modeling, mathematical model, design*

Стрімкий розвиток інформаційних та комп'ютерних технологій змінює засоби та методи проектування, шляхом оптимізації й автоматизації значної кількості етапів підготовки виробництва в автомобільному транспорті та галузевому машинобудуванні. Однак, таке впровадження сучасних CAD/CAM/CAE систем вимагає зміни в процесі проектування та потребує дотримання певних особливостей створення просторових моделей [1]. З метою оптимізації та покращення якості керуючих програм для верстатів з ЧПК часто використовують математичні моделі поверхонь деталей. Особливо це актуально для криволінійних поверхонь, де координати руху інструменту відносно поверхні заготовки визначають кінцеву геометрію деталі й ступінь відповідності реального профілю поверхні номінальному. Також все більшого поширення набувають різноманітні розрахункові програми [2] та системи з використанням штучного інтелекту [3].

В автомобільному транспорті, галузевому машинобудуванні, а також в багатьох інших галузях значно поширено використання різноманітних валів, які за своєю геометрією є тілами обертання з додаванням додаткових елементів. В такому випадку базовою операцією виготовлення деталі є точіння, а додаткові елементи зазвичай формуються на фрезерних переходах. Початковим етапом проектування є створення просторових моделей виробу, зокрема кожної деталі окремо.

При цьому важливим моментом є не тільки коректне відображення геометрії деталі, а також і дотримання чіткої структури дерева побудови з максимально можливим використанням взаємозв'язків та формул відповідності між конструктивними елементами деталі. На рис. 1 наведено приклад ескізів та формул відповідності при створенні моделі розподільного валу автомобіля. При створенні просторових

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

моделей валів з використанням параметричних взаємозв'язків та рівнянь стає можливим використання типової моделі деталі для створення аналогічних. При чому необхідно визначити мінімальну кількість розмірів.

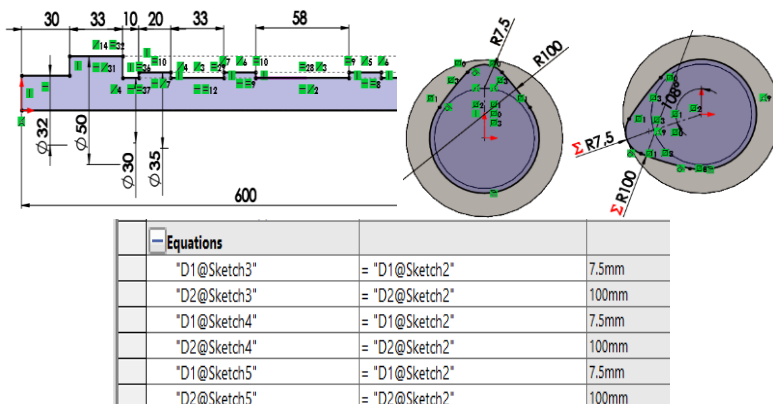


Рисунок 1. Формування просторової моделі розподільчого валу

Крім того для поширених типів валів доцільно використовувати так звані конфігурації на базі таблиці параметрів. В цьому випадку програма створення моделей зв'язана з таблицею створеною в Excel, в таблиці прописані всі розміри деталі і при їх зміні просторова модель автоматично змінюється.

Також можливо поєднання декількох типових валів в одній таблиці і відповідно в одному файлі. На рисунку 2 наведено приклади просторових моделей валів, 2 а) – розподільчого валу двигуна автомобіля, 2 б) – коробка швидкостей верстату.



Рисунок 2. Просторова модель а) розподільчого валу, б) коробки швидкостей верстату

Математичні моделі циліндричної поверхні розподільного валу та профілю кулачка наведені на рис. 3. На рис. 3 б) наведено профіль кулачка розподільного валу, побудований в математичному пакеті Mathcad, при використанні матриць перетворень координат будуються просторові математичні моделі шатунної шийки (рис. 3 а) та кулачка (рис. 3 в) розподільного валу.

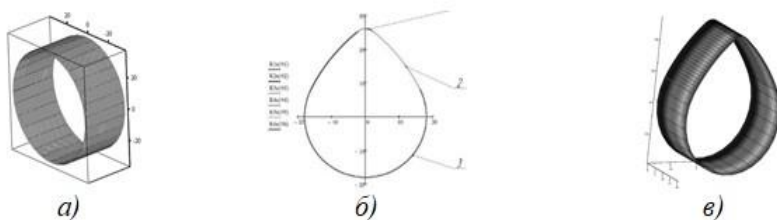


Рисунок 3. Математична модель а) шатунної шийки, б), в) кулачка

Описані математичні моделі дозволяють визначати координати положення центру інструмента при обробці даних поверхонь, що на відміну від автоматичного створених програм керування забезпечує покращення умов обробки та підвищення точності профілю.

Література

- [1] Кальченко, В. В., Кологойда, А. В., Пасов, Г. В., Сіра, Н. М., & Клименко, В. І. (2023). Комп'ютерне моделювання та програмне дослідження деталей автомобілів та двигунів. Автомобільний транспорт, (52), 14–24. Doi: 10.30977/AT.2219-8342.2023.52.0.02.
- [2] Кириченко І.Г., Черніков О.В., Роговий А.С., Рагулін В.М., Резніков О.О., Табуров О.С. (2021). Особливості комп'ютерного моделювання та дослідження режимів роботи елементів піднімальної платформи. Вісник ХНАДУ., 95. 143-148.
- [3] J. Badra, P. Pal & S.Som (2022) Artificial Intelligence and Data Driven Optimization of Internal Combustion Engines. Elsevier, 243. Doi: 10.1016/C2020-0-03091-4.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

UDC 677.055, 677.053

**COMPUTER MODELLING OF REWINDING MACHINES
PROCESSES**

Ph.D. O. Manoilenko^{1[0000-0002-5670-4977]}, **Ph.D.V. Gorobetc**^{2[0000-0001-5174-3224]},
Ph.D. M. Rubanka^{3[0000-0003-2367-0333]}, **Ph.D. S. Horiashchenko**^{4[0000-0001-6623-2523 0333]},
Ph.D. V. Dvorzhak^{5[0000-0002-1693-9106]}
^{1,2,3,5}*Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine*
⁴*Khmelnitskyi National University, Ukraine*
EMAIL: ¹*manoilenko.op@knutd.edu.ua*, ²*va1948@ukr.net*,
³*rubanka.mm@knutd.edu.ua*, ⁴*tnt7@ukr.net*,
⁵*dvorzhak.vm@knutd.edu.ua*

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ПЕРЕМОТАЛЬНИХ МАШИН**

Ph.D. О. Манойленко¹, **Ph.D. Д. Gorobetc**²,
Ph.D. М. Рубанка³, **Ph.D. С. Горященко**⁴, **Ph.D. В. Дворжак**⁵
^{1,2,3,5}*Київський національний університет технологій та дизайну,*
Україна
⁴*Хмельницький національний університет, Україна*

Abstract. *The study presents computer modeling of the rewinding process using SolidWorks Motion. The research included experimental determination of packaging stiffness and the creation of a computer model of winding dynamics, considering the external forces acting on the roller. The results demonstrated high model accuracy (up to 95% compared to analytical data). The obtained conclusions can be used for the optimization of winding mechanisms and the design of rewinding machines in mechanical engineering.*

Keywords: *Computer simulation modeling, computer experiment, packaging, bobbin, bobbin holder, rolling roller, geometric slipping, thread rewinding, winding mechanism.*

Анотація. *У роботі проведено комп'ютерне моделювання процесу перемотування за допомогою SolidWorks Motion. Дослідження включало експериментальне визначення жорсткості пакування і створення комп'ютерної моделі динаміки намотування з урахуванням зовнішніх сил, що впливають на ролик. Результати продемонстрували високу точність моделі (до 95% порівняно з аналітичними даними). Отримані висновки можуть бути*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

використані для оптимізації механізмів намотування та проектування перемотувальних машин у машинобудуванні.

Ключові слова: комп'ютерне імітаційне моделювання, комп'ютерний експеримент, пакування, бобіна, бобінотримач, укочуючий ролик, геометричне проковзування, перемотування ниток, механізм намотування.

In this work, a computer simulation of the rewinding process on rewinding machines was carried out using the SolidWorks environment [1]. The main objective of the study was to investigate the interaction of different types of rollers and used packages during the rewinding process and compare the results with the results of analytical calculations. The study included determining the stiffness coefficient of the package experimentally ($C=1,1 \cdot 10^4$ Н/м) and creation of a computer model of the winding process dynamics, which took into account the external forces ($F = 3.6$ N obtained experimentally on the machine «Polycon») acting on the rolling roller during the material rewinding. The parameters of the 3D contact for the spool and the rolling roller were set based on the properties of the materials and recommendations [1] (static and dynamic friction $v_k=1,016 \cdot 10^{-2}$ m/s, $v_s=1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s, friction coefficients $\mu_v = 0,1$, $\mu_s=0,15$, elasticity coefficient $\mu_s=1,1 \cdot 10^4$ N/m, power factor in the exponential model depending on force and displacement - $e=2$, damping coefficient $C_{\max} = 5 \cdot 10^2$ N s/m), rewind speed ($\omega = 172,78$ rad⁻¹), which makes it possible to bring the computer model closer to the physical model (Fig. 1). In the course of the study, computer modeling was performed for four types of rollers and different thicknesses of the packaging body in accordance with the design [2]. 20 variants of 3D models of winding mechanisms with different types of rollers (modifications M1, M2, M3, M4) and packaging with a fixed instantaneous body thickness were created to simulate the winding process ($t=0; 10; 20; 30; 40$ мм). The relative value of sliding ϵ_{xi} of the cylinder on the cone is determined by expression [3], taking into account the sign:

$$\epsilon_{xi} = \frac{v_{si}}{v_{pi}} = - \frac{x - m_i}{l_{pi} - m_i}, \quad (1)$$

where: v_s – sliding speed, m/s; v_{pi} – speed in the rolling pole, m/s; l_{pi} – distance from the i -th rolling pole P_i of i -th element of the rolling roller to the top of the packing cone; m_i – is the value of displacement of the i -th rolling pole P_i

The geometric slip of the elemental rolling roller will be equal to the sum of the geometric slips of each element according to [3] and will be as follows:

$$\varepsilon_x = - \sum_{i=1}^n \frac{0,5b_i - m_i}{l_{pi} - m_i} \quad (2)$$

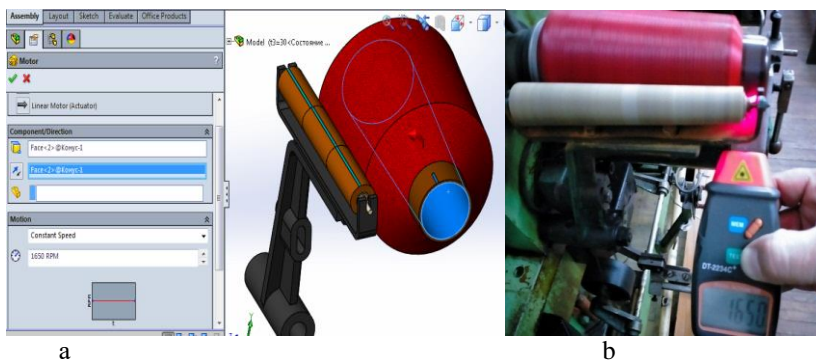


Figure 1. Kinematic parameters of the winding mechanism: a - setting the parameters of the spool speed and direction from the computer model of the mechanism; b - indicators of the operating speed on the machine «Polycon»

The coordinates m_i of the rolling pole P_i of the i th element for the computer model are found as the ratio of the difference in angular velocities obtained from the analytical ω_i' calculation and computer modeling ω_i :

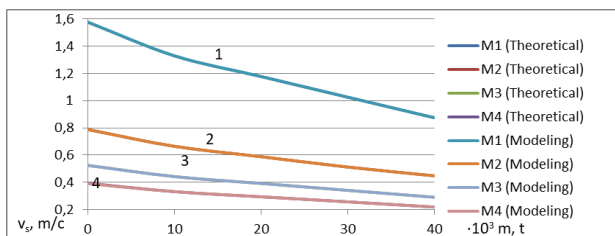
$$m_i = \frac{(\omega_i' - \omega_i)}{\omega} \frac{r_2}{(a)} \quad (3)$$

where: ω_i, ω – is the natural frequency of the i -th element of the rolling roller and the package, s^{-1} ; r_2 – radius of the rolling roller ($r_2 = 11 \cdot 10^{-3}$ m); a – the angle of inclination of the forming cone of the package, ($a = 3,27$ rad);

Expression (3) shows how much the parameters of the 3D contact, the force of pressing the roller against the package, and other factors affect the slip rate.

Diagrams of the average values of the sliding speeds of the rollers of modifications M1-M4 are shown in Fig. 2. The value of the rolling pole

displacement m_i is shown in Fig. 3. The results of solving the computer modeling problem made it possible to determine the level and nature of the distribution of the rolling roller rotation frequencies, as well as the value of the pole displacement - m_i of the rolling center of a cylindrical roller on a conical package. Ultimately, this makes it possible to assess the effect of the pressing force of the roller on the displacement of the rolling center and determine the coefficient of adhesion. The obtained values of the roller speeds obtained by computer modeling and analytical methods show the reliability of the calculations and the high accuracy of the results (about 95 %).



1 - M1 modification rollers; 2 - M2 modification rollers;
3 - M3 modification rollers; 4 - M4 modification rollers

Figure 2. Diagrams of the average value of the sliding speed of the rollers

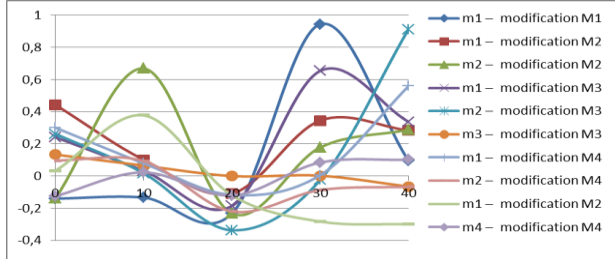


Figure 3. Diagrams of the pole displacement m_i for the i -th rollers (mm)

The results and algorithms of computer simulation modeling can be used to design or study typical rewinders or friction gears.

References

- [1]. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2021, SDC Publications, 2021. 600 p.
- [2]. Patent of Ukraine for utility model UA 136674 U, B65N 54/00. Device for winding the thread into spools / O.O. Akimov, O.P. Manoylenko, B.S. Zavertannyi. – № u201902866; 27.08.2019. – Bul.№ 16/2019.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[3]. Manoilenko O. P. The research of the process of forging a rolling roller through the pack of the final form of rewinding machines / O. P. Manoilenko, B. S. Zavertannyi, O. O. Akymov // *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*. – 2020. – Vol. 27, № 2, June. – P. 69-73. http://vat.ft.tul.cz/2020/2/VaT_2020_2_12.pdf

УДК 378.147:656.13

**ВИКОРИСТАННЯ MICROSOFT EXCEL ПРИ КОМП'ЮТЕРНІЙ
ОБРОБЦІ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОМИЛКОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У
ГАЛУЗЕВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ ТА
АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ**

Ph.D. Г.Пасов^{1[0000-0001-7248-9085]}, **Ph.D. А. Кологойда**^{2[0000-0002-1742-2686]},

Ph.D. Б. Завертаний^{3[0009-0001-7492-3663]},

В. Мурашківська^{4[0000-0002-0556-8709]}, **О. Рябець**⁵

*Національний університет “Чернігівська політехніка”, Україна,
EMAIL: ¹genapasov@gmail.com, ²kolohoida@gmail.com, ³zavertannyi@stu.cn.ua,
⁴vmurashkovska@gmail.com, ⁵sasharuabets1245@gmail.com*

**USE OF MICROSOFT EXCEL IN COMPUTER PROCESSING
OF THE RESULTS OF ERROR EXPERIMENTS IN MACHINERY
AND AUTOMOBILE INDUSTRY**

**Ph.D. H. Pasov, Ph.D. A. Kolohoida, Ph.D. B. Zavertannyi, V. Murashkovska,
O. Riabets**

National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine

***Анотація.** Розроблений програмний продукт може ефективно використовуватись магістрами при вивченні дисциплін “Математичне моделювання процесів обробки на металорізальних верстатах” та “Планування та обробка результатів експериментів на автомобільному транспорті”, а також при проведенні експериментів під час написання магістерської випускної кваліфікаційної роботи*

***Ключові слова:** модель, помилка експериментів*

***Abstract.** The developed software product can be effectively used by masters when studying the disciplines "Mathematical modeling of processing processes on metal cutting machines" and "Planning and processing of the results of experiments*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

on road transport", as well as when conducting experiments during the writing of a master's thesis

Keywords: *model, experimental error*

Комп'ютеризація, що бурхливо вторгається у всі сфери людської діяльності, багато в чому змінила і характер сьогоденної системи освіти. Останніми рокам в освіті все більшого поширення набувають сучасні комп'ютерні технології. Однією з нових областей застосування комп'ютерів в освітньому процесі стало їх використання для виконання лабораторних та практичних робіт по різним дисциплінам., в тому числі і для інженерно-технічних спеціальностей, де необхідно працювати з великими потоками інформації. В сучасній інженерії проводиться велика кількість різноманітних експериментів. Як правило, будь-які вимірювання в ході дослідного експерименту супроводжуються помилками. Коли отриманий результат вимірювання суттєво відрізняються від інших, виникає невпевненість, що допущено грубу помилку через порушення умов експерименту або вимірювання. Тому треба одразу проконтролювати відповідність реальних умов заданим. Якщо вони порушуються, то отриманий результат не враховують. Якщо таку перевірку виконати неможливо, питання про виключення результату, що відрізняється, вирішується за допомогою статистичних оцінок. При цьому використовуються різні критерії, які мають громіздкий характер математичного апарату, який проте, як правило, не відрізняється особливою складністю і зводиться до шаблонного використання ряду формул. Проте, велика кількість складних рутинних розрахунків, в яких легко можна заплутатися, призводить до того, що виконання подібних завдань викликає труднощі у здобувачів вищої освіти. Складнощі математичної обробки даних експерименту можна вирішити за допомогою, наприклад, прикладної програми Microsoft Excel, яка дозволяє вирішувати чисто математичні задачі. Здобувачі починають проводити наукові дослідження на перших курсах, але спеціальних знань ще не мають, тому було розроблено програмний продукт "Помилка у дослідженнях, Microsoft Excel", який дозволяє здобувачам проводити дослідження без проведення попередніх занять для ознайомлення з його принципами роботи [1,2]. Для інтенсифікації процесу розрахунків і оптимізації процесу виявлення помилкових експериментів скористаємося програмою Microsoft Excel. Вихідними даними для розрахунків будуть результати паралельних експериментів, які поставлено під сумнів;

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

кількість паралельних експериментів, а також рівень значимості експерименту. Номер експерименту генерується автоматично після введення значення Y , яке перевіряється, завдяки функції ROW. Табличне значення критерію Стьюдента програма рахує завдяки функції TINV. Інші значення програма рахує за допомогою типових математичних та логічних функцій у відповідності з описаною вище методикою, а також візуально виділяє статус експерименту: вірний – “зеленим”, а помилковий – “червоним” кольорами. Приклад розрахунку наведено на рис. 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Кількість паралельних експериментів без урахування помилкового експерименту					$n =$	7
3		Рівень значимості					$\alpha =$	0,05
4		Табличне значення критерію Стьюдента					$t_{табл.} =$	2,447
5								
		№ експерименту	Перевіряєме значення y	\bar{y}	S^2	S	tp	Статус експерименту
6								
7		1	100	102,571	16,286	4,036	0,637	Вірний
8		2	101	102,429	16,952	4,117	0,347	Вірний
9		3	98	102,857	13,810	3,716	1,307	Вірний
10		4	105	101,857	15,810	3,976	0,790	Вірний
11		5	110	101,143	5,810	2,410	3,675	Помилковий
12		6	102	102,286	17,238	4,152	0,069	Вірний
13		7	99	102,714	15,238	3,904	0,952	Вірний
14		8	103	102,143	17,143	4,140	0,207	Вірний

Рисунок 1. Приклад використання Microsoft Excel для відкидання помилкових експериментів

Розроблений програмний продукт може ефективно використовуватись магістрами при вивченні дисциплін “Математичне моделювання процесів обробки на металорізальних верстатах” та “Планування та обробка результатів експериментів на автомобільному транспорті” [3,4], а також при проведенні експериментів під час написання магістерської випускної кваліфікаційної роботи.

Література

- [1]. Душинський В.В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: Навч. посібник – К.: НТУУ “КПІ”, 1998. – 408 с.
- [2]. Пасов Г.В., Міщенко М.В. Використання елементів теорії планування експериментів у моделюванні кібернетичних систем і процесів: Навч. посібник. – Друк: ПАТ «ПВК «ДЕСНА», 2012. – 156 с.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[3]. Математичне моделювання процесів обробки на металорізальних верстатах. Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування / Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2023. – 32 с.

[4]. Планування та обробка результатів експериментів на автомобільному транспорті. Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 “Автомобільний транспорт” освітньо-професійної програми “Автомобільний транспорт” / Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2024. – 32 с.

UDC 519.711.7:519.816

**PROTECTION OF MULTILAYER NETWORK SYSTEMS FROM
NATURAL AND ARTIFICIAL NEGATIVE INFLUENCES**

Dr.Sci. O. Polishchuk^[0000-0002-0054-7159]

*Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine
EMAIL: od_polishchuk@ukr.net*

**ЗАХИСТ БАГАТОРІВНЕВИХ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ВІД
ПРИРОДНИХ ТА ШТУЧНИХ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ**

Dr.Sci. О.Поліщук

*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Підстригача НАН
України, Україна*

Abstract. *Structural and flow-based approaches to the vulnerability analysis of multilayer network systems (MLNS) from targeted attacks and non-target lesions of various origins are considered. The main structural and flow characteristics of monoflow multilayer system elements are determined to build scenarios of successive targeted attacks on its structure and operation process. The advantages of flow-based approach over structural ones have been demonstrated, both in the sense of analyzing the vulnerability of real MLNS and evaluation the consequences of negative influences of different nature.*

Keywords: *complex network, network system, intersystem interactions, multilayer network system, flow model, aggregate-network, influence, betweenness, targeted attack, vulnerability.*

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** Розглядаються структурний та потоковий підходи для аналізу вразливості багат шарових мережевих систем (БШМС) до цілеспрямованих атак та нецільових уражень різних типів. Для побудови сценаріїв послідовних цілеспрямованих атак на структуру та процес функціонування багат шарової системи визначені основні структурні та потокові характеристики її елементів. Показані переваги поточного підходу над структурним як у сенсі аналізу вразливості реальних БШМС, так і оцінюванні наслідків негативного впливу різного походження.*

***Ключові слова:** складна мережа, мережева система, міжсистемні взаємодії, потокова модель, агрегат-мережа, вплив, посередництво, цілеспрямована атака, вразливість.*

Many internal and external negative influences can act on any real-world natural or man-made systems. Among such influences that can damage the system, we primarily highlight targeted attacks and its non-target lesions. A distinctive feature of targeted attacks is their intentionality and artificial nature (terrorist and hacker attacks, military aggression and financial and economic sanctions, etc.). In contrast to targeted attacks, non-target lesions can include various unintentional negative influences of natural or artificial origin (natural and man-made disasters, the spread of dangerous infectious diseases and so on). Such lesions can be local, group or system-wide and aimed at damaging both the structure and operation process of network systems (NS) and intersystem interactions. In paper [1], the typical scenarios of consecutive attacks on the structure and operation process of NS were considered and their connections with the development of countermeasures against the system non-target lesions were established. The usefulness of such scenarios lies in the fact that they, giving a picture of possible development of a certain type of lesion, allow creating the most effective means of protection against it [2]. In particular, the structural and flow NS models make it possible not only to build scenarios of the spread of negative influences of various origins, but also, compared to other system models, evaluate the level of local and system-wide losses resulting from the action of such influences during and after lesion [1]. The development of strategies for the protection of multilayer network systems (MLNS), which describe the processes of intersystem interactions, is significantly complicated not only due to the increase of problem dimension, but also because the lesion of certain layer-system of such formation may not occur directly, for example, through a targeted attack on it, but consequentially as a result of attack on adjacent MLNS's layer. At the same time, lesions of various

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

adjacent layers-systems can lead to different consequences (the influence of blocking the maritime and aviation layers of general transport system of Ukraine during Russian aggression on the railway and automobile layers is significantly different). Simultaneously, the quantity of local and global characteristics of MLNS elements, which describe the structural and functional features of not only internal, but also intersystem interactions, is increasing, and therefore, the amount of importance indicators of elements, which are used when building scenarios of targeted attacks on multilayer system, is increasing too. The process of evaluation the consequences of MLNS lesions is also complicated, in particular, the successive negative influence of the directly damaged layers-systems on the adjacent ones [3, 4]. All these factors must be taken into account by the NS management systems, which are the part of man-made MLNS, for the effective organization of their protection and overcoming the consequences of various types of lesions. No large scale real-world complex system can protect or simultaneously restore all elements damaged by negative influences. Therefore, the calculation of objective importance indicators of nodes and edges of NS and MLNS plays a decisive role during the construction of effective scenarios of targeted attacks on them [5]. Equally important is the value of these indicators for development the effective strategies for countering the spread of non-target lesions. The purpose of our investigation is to determine on the basis of structural and flow models of intersystem interactions, the importance indicators of MLNS elements and formation of effective scenarios of successive targeted attacks on the structure and operation process of multilayer network systems, as well as evaluation of consequences of separate system elements lesions on different system layers and implementation of intersystem interactions in general.

The concepts of structural and flow aggregate-networks of monoflow multilayer network system are introduced in order to reduce the dimensionality of MLNS models and simplify the analysis of their vulnerability to heterogeneous negative influences. The main local and global structural and flow characteristics of multilayer system and its aggregate-network elements are determined and the relationship between them is established. These characteristics are chosen as importance indicators of MLNS nodes, with the help of which effective structural and functional scenarios of successive targeted attacks on multilayer network systems are built. It is shown how, on the basis of various models of intersystem interactions, the domains of directly damaged and

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

consequentially injured by the negative influence the system elements are determined. The advantages of flow-based approach for studying the vulnerability of intersystem interactions process and quantifying the level of losses caused to this process as a result of consistent negative influences are established. The next steps of our research are the study of MLNS vulnerability to simultaneous group and system-wide targeted attacks and development of optimal scenarios for their implementation.

References

- [1] Polishchuk O., Yadzhak M. (2023). On the Vulnerability and Protection Strategies of Complex Network Systems and Intersystem Interactions. CEUR-WS, 3538, 267-281.
- [2] Bellingerio M., Cassi D., & Vincenzi S. (2014) Efficiency of attack strategies on complex model and real-world networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 414, 174-180.
- [3] Bluszcz J. & Valente M. (2022). The Economic Costs of Hybrid Wars: The Case of Ukraine. *Defence and Peace Economics*, 33(1), 1-25.
- [4] Vindegaard N. & Benros M. E. (2020). COVID-19 pandemic and mental health consequences: Systematic review of the current evidence. *Brain, Behavior, and Immunity*, 89, 531-542.
- [5] Mariyam J. & Lekha D. S. (2022). Need for a realistic measure of attack severity in centrality based node attack strategies. In *Complex Networks and Their Applications XI*, R. M. Benito et al, Eds. Springer: Cham, 857-866.

УДК 681.5

**ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА SYSML ПРИ
РОЗРОБЦІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ШТАМПОВОГО БЛОКУ ДЛЯ
ГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСІВ**

Dr.Sci. О. Тарасов^{1 [0000-0002-0493-1529]}, **Dr.Sci. Д. Павленко**^{2 [0000-0001-6376-2879]},
Ph.D. Л. Васильєва^{1 [0000-0002-9277-1560]}, **Ph.D. В. Коцюба**^{3 [0000-0003-0234-1768]}

¹Донбаська державна машинобудівна академія, Україна,
²Запорізький національний технічний університет, Україна,
³ПАТ «Мотор Січ», Україна

EMAIL: alexandrtar50@gmail.com

**APPLICATION OF SYSTEMS ENGINEERING AND SYSML IN
THE DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL STAMP BLOCK FOR
HYDRAULIC PRESSES**

**Dr.Sci. O. Tarasov¹, Dr.Sci. D. Pavlenko², Ph.D. L. Vasylieva¹,
Ph.D. V. Kotsyuba³**

¹Donbas State Machine-Building Academy, Ukraine,

²Zaporozhye National Technical University, Ukraine,

³PJSC "Motor Sich", Ukraine

Анотація. В нашому дослідженні, на основі методології системної інженерії з використанням предметно-орієнтованої мови моделювання систем SysML, розроблено алгоритм і методологію створення моделі поведінки та структури технічних систем на прикладі системи «прес-штамп».

Ключові слова: системна інженерія, мова системного моделювання (SysML), універсальний штамп, система "press-die".

Abstract. In our research, based on the system engineering methodology using the object-oriented system modeling language SysML, an algorithm and methodology for creating a model of the behavior and structure of technical systems using the example of the "press-stamp" system was developed.

Keywords: systems engineering, system modeling language (SysML), universal die set, "press-die" system.

Технології системної інженерії розроблені для створення нових технічних об'єктів на основі моделей і мов проектування таких як SysML. Вони дозволяють узагальнювати підходи до проектування продуктів та всебічно й точно документувати їхні моделі. Це забезпечує високу якість прийнятих технічних рішень. Крім того, більш надійно забезпечується обґрунтування вибору технічних рішень для проектування або створення нових виробів.

Процеси формування концептуальної моделі об'єкта проектування, прийняття технічних рішень для елементів і конструкцій в цілому на даний момент не мають повністю розроблених систем автоматизації. У зв'язку з цим останнім часом значно зріс інтерес до методів розв'язання творчих інженерних задач, питань вибору технічних рішень із ряду варіантів [1]. Для відображення структури проєктованого об'єкта використовуються графи та відповідні їм матриці суміжності або інцидентності, які відображають структурні елементи системи та їх зв'язки [2, 3]. Для підвищення якості проектування технічних об'єктів пропонується [4] модифікацію методу

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

формалізації інформації про склад і структуру виробу на етапі концептуального проектування. Використання модифікованого методу концептуального проектування дає можливість формалізувати опис дизайну для якісної декомпозиції та подальшого застосування методів оптимізації [5]. В нашому дослідженні, на основі методології системної інженерії з використанням предметно-орієнтованої мови моделювання систем SysML, розроблено алгоритм і методологію створення моделі поведінки та структури технічних систем на прикладі системи «прес-штамп». Визначено вимоги до реалізації силового та кінематичних режимів роботи універсального штампового блоку для ряду процесів обробки заготовок тиском. В основу формулювання вимог до універсального штампового оснащення покладено узагальнення поведінки системи «прес-штамп» при виконанні ряду технологічних процесів деформування заготовок на гідравлічних пресах.

Запропонована послідовність етапів і методика створення моделі проектованого універсального штампового оснащення дозволили цілеспрямовано шукати раціональні технічні рішення як його генеральної компоновочної схеми, так і окремих вузлів і частин.

Література

- [1]. Tarasov, O. et al. Improving the Quality of the Relevance of the Search for Scientific Publications Based on a Combination of Ranking Methods, in: Proceedings of the 11-th International Conference "Information Control Systems & Technologies", Odesa, Ukraine. CEUR-WS.
- [2]. Tarasov, O., Vasylieva, L., Altuhov, O., Pavlenko, D., Tkach, D. (2023). Development of Integrated CAD/CAE Systems Based on Parameterization of the Simulated Process. In: Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022. ICTM 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 657. Springer, Cham.
- [3]. Modeling Enterprise Architecture with TOGAF: A Practical Guide Using UML and BPMN. (2014).
- [4]. Tarasov, O., Vasylieva, L., Altukhov, O., Anosov, V. (2020, September). Automation of the synthesis of new design solutions based on the requirements for the functionality of the created object. In: Nine International Conference "Information Control Systems & Technologies"(ICST-2020). Odessa. Ukraine, pp. 161-175.
- [5]. Pruteanu, C., Gâlea, D. and Haba, C.G., 2006, May. An Extrinsic Evolvable Hardware Approach to Logic Synthesis Optimization. In Proceedings on the 8th International Conference on Development and Application Systems (DAS 2006) (pp. 25-27).

УДК 378.147:656.13

**МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОСТОРОВИХ ОРІЄНТИРІВ ДЛЯ ОГЛЯДОВО-
ПОРІВНЯЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

Ph.D. O. Chuzha^{1[000-0002-4625-2938]}, **Dr.Sci. Ю. Грищенко**^{2[0000-0002-1318-935]},
Dr.Sci. O. Tachinina^{3[0000-0001-7081-0576]}

Національний авіаційний університет, Київ, Україна
EMAIL: ¹achuzha@ukr.net, ²hryshchenko8y@gmail.com, ³tachinina5@gmail.com

**MODEL OF THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS
DETERMINING OF SPATIAL LANDMARKS FOR SURVEY-
COMPARATIVE NAVIGATION SYSTEM**

Ph.D. O. Chuzha, Dr.Sci. Y. Hryshchenko, Dr.Sci. O. Tachinina
National Aviation University, Kyiv, Ukraine

***Анотація.** У цій роботі розглядається можливість повноракурсного визначення геометричних характеристик та просторової структури наземних орієнтирів для реалізації оглядово-порівняльних методів навігації.*

***Ключові слова:** оглядово-порівняльні методи навігації, LIDAR, геометричні ознаки, базові елементи форми, розпізнавання.*

***Abstract.** This paper examines the possibility of full-view determination of the geometric characteristics and spatial structure of terrain landmarks for the implementation of survey-comparative navigation methods.*

***Keywords:** survey-comparative navigation methods, LIDAR, geometric features, basic form elements, the recognition.*

Реалізація оглядово-порівняльних методів навігації зводиться до виконання задачі розпізнавання наземних орієнтирів, порівнянню їх з еталонними орієнтирами, місцеположення яких відоме, та відносно цих орієнтирів встановити координати літального апарату [1].

До недавнього часу, кореляційно-екстремальні алгоритми були основним класом алгоритмів виявлення та ідентифікації об'єктів, що використовувалися в оглядово-порівняльних навігаційних системах літальних апаратів. Однак останнім часом намітився перехід від кореляційних алгоритмів до методів і алгоритмів структурного аналізу

зображень. В даний час послідовність процедур обробки зображень прийнято розглядати відповідно до так званої модульної парадигми Д. Марра [2].

Однією із основних проблем для методів і алгоритмів виявлення складних об'єктів, яка відрізняє методи обробки зображень від добре вивченої теорії обробки сигналів, є розробка методів виявлення об'єктів, слабо чутливих до різноманітних видів мінливості, характерним лише для зображень. Таким чином, аналіз характерних ознак об'єктів плоского зображення вимагає великої кількості програмних ресурсів, крім того розпізнавання таких об'єктів можливе лише на основі геометричних розмірів, які можуть змінитися в залежності від ракурсу спостереження, або яскраво виражених контрастних ознак на тлі фону. Геометричні ознаки є найбільш придатними для розпізнавання наземних просторових об'єктів. Однак геометричні об'єкти можуть відрізнятися за своєю інформативністю та способом виділення. Інформативність геометричних ознак можна оцінити шляхом моделювання процесу формування тривимірних зображень об'єктів та їх обробки для виділення ознак розпізнавання. Тому необхідно розробити математичні моделі просторового об'єкта та процесу формування тривимірних зображень об'єктів за допомогою лазерної системи формування тривимірних зображень (LIDAR).

Математична модель просторового об'єкта для систем розпізнавання складається із геометричної моделі самого об'єкта та базових еталонних елементів, таких як фонові поверхні землі. Додатково необхідно враховувати модель відбивальних характеристик елементів об'єкта та поверхні землі. Для моделювання використовується моделювання з використанням базових елементів форми (БЕФ). В якості базових елементів форми часто використовують прості геометричні фігури (площина, паралелепіпед). Однак значна кількість штучно створених об'єктів може бути описана поверхнями другого порядку (сфера, циліндр) або комбінацією таких поверхонь.

Поверхня другого порядку легко описується рівнянням другого степеня відносно декартової прямокутної системи координат [3]:

$$\begin{aligned} & a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + \\ & 2a_{23}yz + 2a_{14}x + \\ & + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} + b_{111} + b_{112} + b_{113} + b_{114} \\ & + b_{115} + b_{116} = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

Значення коефіцієнтів a_{ij} у виразі (1) визначають вигляд поверхні.

Коефіцієнти b_{111} і b_{112} визначають максимальне і мінімальне значення змінної x , аналогічно b_{113} і b_{114} для змінної y та b_{115} і b_{116} для змінної z . Якщо об'єкт складається з кількох БЕФ, то кожному БЕФ буде відповідати окреме рівняння, а весь об'єкт матиме вигляді матриці коефіцієнтів розміром $i \times 16$, де i – кількість БЕФ. Повітряні системи LIDAR встановлюються на літаках або БПЛА для збору топографічних даних з високою роздільною здатністю на певних територіях [4]. Ці системи випромінюють лазерні імпульси в напрямку поверхні землі і вимірюють інтервали часу, за які світло повертається до датчика після відбиття від цілі. Модель процесу формування тривимірних зображень полягає у визначенні часових інтервалів які потрібні кожному елементу матричного приймача випромінювання (MRR LIDAR) для реєстрації сигналу, відбитого від опромінюваного об'єкта. Використовуючи формули, відомі з аналітичної геометрії, запишемо вираз для визначення інтервалу часу (τ_{ij}) між початком надходження випромінювання на об'єкти LIDAR (точка $O_1(x_1, y_1, z_1)$) та моментом реєстрації випромінювання, елементом матричного приймача випромінювання MRR LIDAR (точка $P_0(x_p, y_p, z_p)$):

$$\tau_{ij} = \frac{\Delta_{ij} \cdot \sqrt{(x_1 - x_p)^2 + (y_1 - y_p)^2 + (z_1 - z_p)^2}}{2c} + \Delta\tau_{ij}, \quad (2)$$

де Δ_{ij} – індикаторна функція, $\Delta\tau_{ij}$ – коефіцієнт, що характеризує помилку вимірювання часового інтервалу, c – швидкість світла.

Таким чином дана модель вимірювання часових інтервалів дає змогу визначати зміну поверхні об'єкта від напрямку спостереження із високою роздільною здатністю. Таким чином, математичні моделі просторового об'єкта та процесу формування тривимірних зображень дозволяють обчислити геометричні характеристики наземних орієнтирів із заданою ймовірністю незалежно від ракурсу спостереження, що є важливим етапом формування критеріїв розпізнавання при реалізації оглядово-порівняльних методів навігації [5].

Література

- [1] Mukhina, M. P., Seden, I. V., Analysis of modern correlation extreme navigation systems. Electronics and Control Systems, 1, (39), 2014.
- [2] D. Marr, Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information. Cambridge, Massachusetts. 2010. P.394

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

[3] Yampolskyi O.L., Shuhailo O.O., Canonical theory of surfaces of the second order. Study guide. V. N. Karazin Kharkiv National University, 2020. P.43.

[4] Richmond R.D., Cain S.C. Direct-Detection LADAR Systems, SPIE, Washington. 2010.

[5] O.O. Chuzha, V.G. Romanenko. Differential analysis of 3D sensor images of survey-comparative navigation system. Electronics & Control Systems, 3(57) 2018, Vol– p. 11-18.

УДК 378.147:656.13

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Dr.Sci. З. Побережна^{1[0000-0001-6245-038X]},

Dr.Sci. М. Заліський^{2[0000-0002-1535-4384]}

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

EMAIL: ¹zarina_www@ukr.net, ²maximus2812@ukr.net

**INFORMATION TECHNOLOGIES FOR OPERATIONAL COST
MINIMIZATION IN THE AVIATION ENTERPRISES**

Dr.Sci. Z. Poberezhna, Dr.Sci. M. Zaliskyi

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

***Анотація.** Результати розрахунків та статистичного моделювання підтвердили доцільність запропонованого підходу для оптимізації експлуатаційних витрат на виконання процедур технічного обслуговування та ремонту.*

***Ключові слова:** оптимізація експлуатаційних витрат*

***Abstract.** The results of calculations and statistical modeling confirmed the expediency of the proposed approach to optimize operating costs for performing maintenance and repair procedures.*

***Keywords:** optimization of operational costs*

Головною задачею в цивільній авіації є забезпечення заданого рівня безпеки та регулярності польотів. Вирішення цієї задачі може бути досягнуто шляхом постійного моніторингу ключових параметрів діяльності систем цивільної авіації, оброблення зібраних даних та прийняття правильних та своєчасних рішень щодо превентивних та

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

коригувальних дій щодо вдосконалення організаційної структури, підвищення рівня надійності обладнання, вдосконалення виробничих процесів підприємств-експлуатантів, зокрема використання обладнання за призначенням, технічного обслуговування та ремонту, підвищення кваліфікації персоналу тощо.

Інформаційні технології мають ключове значення у процесі підвищення ефективності функціонування авіаційного підприємства. Ці технології дозволяють автоматизувати рутинні процеси, що значно зменшує ймовірність людських помилок і підвищує точність виконання окремих операцій. Інформаційні технології надають змогу отримати достовірні оцінки під час вирішення задач прогнозування, планувати та здійснювати процедури технічного обслуговування, формувати рішення, керовані даними. На сьогодні у сфері експлуатації авіаційного обладнання ключовим стає забезпечення заданого рівня надійності обладнання при мінімально можливих експлуатаційних витратах. Задача мінімізації експлуатаційних витрат передбачає використання в якості показника ефективності сумарних експлуатаційних витрат або середніх питомих експлуатаційних витрат за інтервал спостереження [1]. Мінімізація середніх питомих експлуатаційних витрат можлива, виходячи із таких міркувань. Занадто часте виконання технічного обслуговування призводить до високого рівня надійності, однак характеризується значними експлуатаційними витратами. Мала кількість технічних обслуговувань зменшує надійність обладнання та те ж характеризується великими сумарними витратами в силу значно більшого тарифу на ремонт. Отже, може бути визначена оптимальна кількість та періодичність технічного обслуговування. Такий підхід вписується в рамки концепції превентивного технічного обслуговування [2]. У цьому дослідженні основна увага була приділена задачі оптимізації експлуатаційних витрат для випадку моніторингу визначальних параметрів авіаційного обладнання. Для вирішення цієї задачі був прийнятий ряд обмежень, а саме: 1) моніторингу підлягає один визначальний параметр; 2) визначальний параметр має дві складові: детерміновану та випадкову; детермінована складова має вигляд сталого сигналу, що відповідає нормативному значенню параметру; 3) випадкова складова визначального параметру може бути охарактеризована нормальним законом розподілу з нульовим математичним сподіванням та заданим стандартним відхиленням; 4) стан перед відмовою характеризується

порушенням стаціонарності плину тренду визначального параметру та спричиняє його лінійну зміну з плином часу; 5) тривалість превентивного технічного обслуговування є детермінованою величиною; 6) у процесі моніторингу отримані значення визначального параметру, при яких спостерігалися відмови. У процесів математичних розрахунків було отримано функціональну залежність показника ефективності у вигляді середніх питомих експлуатаційних витрат від значення превентивного порогу, якій відповідає рішенням щодо необхідності виконання технічного обслуговування. Приклад зазначеної залежності наведено на рис. 1.

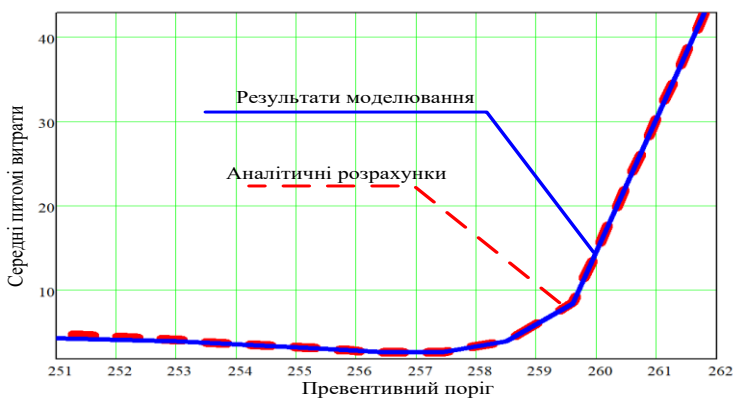


Рисунок 1. Залежність середніх питомих експлуатаційних витрат від значення превентивного порогу.

Результати розрахунків та статистичного моделювання підтвердили доцільність запропонованого підходу для оптимізації експлуатаційних витрат на виконання процедур технічного обслуговування та ремонту.

Література

- [1]. D. Galar, P. Sandborn, U. Kumar, Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis, CRC Press, Boca Raton, 2017.
- [2]. A. Anand, M. Ram, System Reliability Management: Solutions and Techniques, CRC Press, Boca Raton, 2021.

UDC 004.412:519.25

EARLY KLOC ESTIMATION OF JAVA-APPLICATIONS BY THE THREE-FACTOR NONLINEAR REGRESSION MODEL

O. Oriekhov^{1[0000-0002-0001-0140]}, Ph.D. T. Farionova^{2[0000-0003-3384-4712]}

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine
EMAIL: ¹oleksandr.oriekhov@nuos.edu.ua, ²tetyana.farionova@nuos.edu.ua

РАННЯ ОЦІНКА KLOC JAVA-ЗАСТОСУНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЬОХФАКТОРНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

О. Орехов, Ph.D. Т. Фаріонова

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Україна

Abstract. The aim of the research is to build the three-factor nonlinear regression model for early lines of code size estimation of Java-applications on the basis of multivariate Johnson SB family normalizing transformations using Cross-Validation technique. The obtained nonlinear regression model is verified with quality criteria for regression models.

Keywords: software size estimation, nonlinear regression model, normalizing transformation, Java.

Анотація. Метою дослідження є побудова трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінки розміру рядків коду Java-застосунків на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень Джонсона сімейства SB з використанням методу перехресного-затвердження. Отриману нелінійну регресійну модель перевірено за допомогою критеріїв якості регресійних моделей.

Ключові слова: оцінка розміру програмного забезпечення, нелінійна регресійна модель, нормалізуюче перетворення, Java.

The software size estimation plays a key planning role at the early stages of software project planning for the successful implementation of software projects. Software development effort estimation (SDEE) is one of the significant indicators of budget, resources and duration planning of any project for software development business. Software size in the total number of code lines (KLOC) is widely used in SDEE parametric models such as COCOMO, COCOMO II, etc. It leads to the necessity to construct an

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

appropriate model for Java KLOC estimation at the early stages of project planning.

The aim of the research is to build the three-factor nonlinear regression model for early KLOC estimation of Java-applications on the basis of multivariate Johnson SB family normalizing transformations to increase the accuracy of the Java-applications size estimation at the early stage of software project planning using UML class diagram metrics.

The authors collected code metrics dataset of 571 open-source Java-applications hosted on the GitHub platform using the CK tool (<https://github.com/mauricioaniche/ck>). The obtained dataset was randomly separated into training and testing samples with sizes of 286 and 285 rows. The following metrics were selected to build the model: total quantity of classes (CLASS) X_1 , total number of unique method calls (RFC) X_2 and average value of visible methods per class of the application (aVMQ) X_3 . Variance inflation factors (VIFs) technique indicates the absence of multicollinearity between the factors of the regression model. For factors X_1 , X_2 , and X_3 , the VIFs are equal to 6.09, 6.09 and 1.0 respectively.

The nonlinear regression models building technique [1, 2] is used to build the three-factor nonlinear regression model. It includes detecting outliers in nonlinear regression analysis of non-Gaussian data, bijective normalizing transformations, Mahalanobis distance outliers detection, residuals distribution verification and prediction interval detection.

Typically, the software code metrics have non-Gaussian distribution. To normalize the training datasets we used Johnson normalizing translation of SB family that is given by [3]:

$$\psi(P) = Z = \hat{\gamma} + \hat{\eta} \ln \left(\frac{X - \hat{\varphi}}{\hat{\varphi} + \hat{\lambda} - X} \right) \quad (1)$$

where $\psi(P)$ is non-Gaussian random vector $P = \{Y, X_1, X_2, \dots, X_k\}^T$, γ, η, φ та λ – parameters of Johnson SB family normalizing transformation, $\varphi < X < \varphi + \lambda$, $\eta > 0$, $\lambda > 0$; X - non-Gaussian random variable which X equals to Y, X_1, X_2, X_3 , respectively.

Parameters of Johnson SB transformations (1) are estimated by the maximum likelihood method. The estimators for the parameter Y are: $\hat{Y}_Y = -4.0611$, $\hat{\eta}_Y = -0.5013$, $\hat{\varphi}_Y = -0.6082$, $\hat{\lambda}_Y = 82315.0766$; for X_1 : $\hat{Y}_{X_1} = -45.7011$, $\hat{\eta}_{X_1} = 48.6731$, $\hat{\varphi}_{X_1} = -32.7353$, $\hat{\lambda}_{X_1} = 163.5047 \cdot 10^{12}$; for X_2 : $\hat{Y}_{X_2} = -41.8031$, $\hat{\eta}_{X_2} = 47.0422$, $\hat{\varphi}_{X_2} = -110.3211$, $\hat{\lambda}_{X_2} = 627.4514 \cdot 10^{14}$; for X_3 : $\hat{Y}_{X_3} = -36.5209$, $\hat{\eta}_{X_3} = 37.5829$, $\hat{\varphi}_{X_3} = -0.8413$, $\hat{\lambda}_{X_3} = 952.1377 \cdot 10^9$ for the latest iteration.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The linear regression model is built on the basis of the normalized multi dimensional sample.

$$Z_y = \hat{Z}_y + \varepsilon = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3 + \varepsilon, \quad (2)$$

where ε is Gaussian random variable, $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\varepsilon^2)$; $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3$ - estimators for parameters of the linear regression model (2). The estimators are calculated by the least square method: $\hat{b}_0 = -23.784722$, $\hat{b}_1 = -0.005724$, $\hat{b}_2 = -0.005062$, $\hat{b}_3 = -0.008718$.

The nonlinear regression models is built by applying inverse transformation to (1) to the linear regression models (2):

$$Y = \psi_Y^{-1}(\hat{Z}_y + \varepsilon) \quad (3)$$

where ψ_Y^{-1} is inverse Johnson SB transformation (4).

The obtained three-factor nonlinear regression model (3) is build in 19 iterations and it is tested on training and testing datasets using regression models quality criteria such as the coefficient of determination R^2 , a mean magnitude of relative error MMRE and percentage of prediction for magnitude of relative error level 0.25 PRED(0.25). The values of the quality criteria indicate good accuracy of the model, the high values of for the testing sample confirms the model is not overfitted that confirms robustness and reliability. R^2 , $MMRE$ and $PRED(0.25)$ values for the training dataset are 0.9073, 0.1645, 0.7692 and testing dataset are 0.9016, 0.1617, 0.8175 respectively. The obtained three-factor nonlinear regression model solves an important problem of Java-applications size estimation at the early stages of software development project planning.

References

- [1] S. Prykhodko, N. Prykhodko, Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations, in Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). Advances in Intelligent Systems and Computing, volume 1265 of MODS, 2021, pp. 166-174. doi:10.1007/978-3-030-58124-4_16
- [2] S. Prykhodko, N. Prykhodko, L. Makarova and A. Pukhalevych, Outlier Detection in Non-Linear Regression Analysis Based on the Normalizing Transformations, in 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 407-410. doi:10.1109/TCSET49122.2020.235464.
- [3] P. M. Stanfield, J. R. Wilson, G. A. Mirka, N. F. Glasscock, J. P. Psihogios, J. R. Davis, Multivariate input modeling with Johnson distributions, Proceedings of the 28th Winter simulation conference WSC'96, Coronado, CA, USA, December 8-11, 1996, ed. S. Andradóttir, K.J. Healy, D.H. Withers and B.L. Nelson, IEEE Computer Society Washington, DC, USA, pp. 1457-1464.

UDC 004.75

DEVELOPMENT OF THE OPENAPI SPECIFICATION FOR DISTRIBUTED MICROSERVICES-ORIENTED INFORMATION SYSTEM FOR ASTRONOMICAL DATA PROCESSING

S. Orlov¹[0009-0008-0680-206X], Ph.D. S. Khlamov²[0000-0001-9434-1081],
Y. Bondar³[0009-0001-5309-0084], Y. Netrebin⁴[0009-0001-8778-3241]

¹National Aerospace University–Kharkiv Aviation Institute, Kharkiv, Ukraine,

^{2,3}Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine,

⁴INTIVE Limited, Ireland

EMAIL: ¹s.v.orlov@student.khai.edu, ²sergii.khlamov@gmail.com, ³
yehor.bndr@gmail.com, ⁴yuriy.n.netrebin@gmail.com

РОЗРОБКА СПЕЦИФІКАЦІЇ ОРЕНАПІ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ МІКРОСЕРВІСНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ АСТРОНОМІЧНИХ ДАНИХ

С. Орлов¹, Ph.D. С. Хламов²,
Ю. Бондар³, Ю. Нетребін⁴

¹Національний аерокосмічний університет – Харківський авіаційний інститут,
Харків, Україна,

^{2,3}Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна,
⁴INTIVE Limited, Дублін, Ірландія

Abstract. The article is devoted to the OpenAPI implementation and its usage in the distributed microservices-oriented information system for data processing related to the astronomical data. A common goal of all scientific and technological algorithms and methods is to automate as much as available processes without any human actions. In general cases it can be done by the different astronomical distributed microservices-oriented information system. Suggested using of the OpenAPI specification in a distributed microservices-oriented information system for astronomical data processing significantly improves the system's interoperability, scalability, and maintainability. The developed skeleton of the real example of astronomical data-processing system is implemented using .Net Core framework and C# programming language. Implementing Swagger in a microservices architecture presents numerous benefits, significantly enhancing both the development and maintenance phases of service-oriented applications. The developed skeleton and the proposed approach will be useful for the different microservices-oriented information system for astronomical data processing.

Keywords: Microservices-oriented architecture, information system, OpenAPI, Swagger, REST API, JSON, C#, HTTP requests, document generation, data models.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Анотація. Стаття присвячена реалізації OpenAPI та його використанню в розподіленій мікросервісно-орієнтованій інформаційній системі обробки даних, пов'язаних з астрономічними даними. Загальна мета всіх наукових і технологічних алгоритмів і методів – максимально автоматизувати доступні процеси без будь-яких дій людини. У загальних випадках це можна зробити різними астрономічними розподіленими мікросервісами, орієнтованими на інформаційні системи. Запропоноване використання специфікації OpenAPI в розподіленій інформаційній системі, орієнтованій на мікросервіси, для обробки астрономічних даних значно покращує сумісність, масштабованість і зручність обслуговування системи. Розроблений скелет реального прикладу системи обробки астрономічних даних реалізовано за допомогою фреймворку .Net Core та мови програмування C#. Впровадження Swagger в архітектурі мікросервісів дає численні переваги, значно покращуючи етапи розробки та обслуговування сервіс-орієнтованих програм. Розроблений скелет і запропонований підхід будуть корисні для різних мікросервісно-орієнтованих інформаційних систем для обробки астрономічних даних.

Ключові слова: мікросервісно-орієнтована архітектура, інформаційна система, OpenAPI, Swagger, REST API, JSON, C#, HTTP-запити, генерація документів, моделі даних.

Astronomical data processing involves analyzing of the large volumes of data from celestial observations [1]. The complexity and volume of this data necessitate the automation of processes using distributed microservices-oriented systems. OpenAPI specifications, particularly with tools like Swagger, facilitate the development and maintenance of these systems by providing clear API documentation and easing the integration of various services [2]. For our research in scope of the Collection Light Technology (CoLiTec) project [3] we have developed the microservices data-processing system using .Net Core framework and C# programming language, which is perfectly designed for the developing of distributed microservices-oriented information system. Using OpenAPI specifications in such system can significantly improves system performance and developer productivity. OpenAPI specifications, particularly with tools like Swagger, facilitate the development and maintenance of these systems by providing clear API documentation and easing the integration of various services.

Implemented software consists of multiple components, including client applications, API Gateways and various microservices. Microservices are using multiple data storages, message communication broker, logging, health monitoring and performance tools. A detailed example of the architecture is provided, illustrating how microservices interact through synchronous (HTTP APIs) and asynchronous (message bus) communication

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

channels. The integration of Swagger allows for easy access and interaction with the system's APIs. Integrating OpenAPI specifications significantly improves interoperability, scalability, and maintainability. The OpenAPI specification covers various endpoints, which can help with data mining [4] of the different astronomical data related to the distance, planets, space, stars information. Using OpenAPI and Swagger tool brings the interoperability, scalability, maintainability and automation benefits during the development and maintenance of such systems. Standardized API documentation ensures consistent communication between microservices, independent development, and supporting scaling and maintainability requirements. The practical implementation using .NET Core and C# demonstrates the efficacy of this approach, facilitating streamlined development and robust system performance. In these systems, different data mining and knowledge discovery tasks are utilized to expedite and optimize astronomical data processing. Implementing the OpenAPI specification in a distributed microservices-oriented information system significantly enhances the system's interoperability, scalability, and maintainability. Additionally, a microservices-oriented architecture is highly beneficial for complex astronomical data processing systems, particularly when integrating the Continuous Integration/Continuous Delivery principles.

References

- [1]. Troianskyi V., et al., Optical observations of the potentially hazardous asteroid (4660) Nereus at opposition 2021. *Icarus*, vol. 420, 116146. (2024). doi: 10.1016/j.icarus.2024.116146.
- [2]. Huang R., et al., Generating REST API Specifications through Static Analysis. *IEEE ACM 46th International Conference On Software Engineering*, vol. 107, pp. 1–13. (2024). doi: 10.1145/3597503.3639137.
- [3]. Khlamov S., et al., Machine vision for astronomical images using the modern image processing algorithms implemented in the CoLiTec software. *Measurements and Instrumentation for Machine Vision*, Chapter 12: CRC Press, pp. 269–310. (2024). doi: 10.1201/9781003343783-12.
- [4]. Khlamov S., et al., Data Mining of the Astronomical Images by the CoLiTec Software. *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3171, pp. 1043–1055. (2022).
- [5]. Khlamov S., and Savanevych V., Big astronomical datasets and discovery of new celestial bodies in the Solar System in automated mode by the CoLiTec software. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, Astrogeoinformatics: Elsevier*, pp. 331–345. (2020). doi: 10.1016/B978-0-12-819154-5.00030-8.

UDC 004.421

**PROGRAM IMPLEMENTATION OF LARGE-INTEGER
MODULAR MULTIPLICATION BASED ON
MONTGOMERY SPACE**

Dr.Sci. I. Prots'ko^[0000-0002-3514-9265], **O. Gryshchuk**^[0000-0001-8744-4242]

¹Lviv Polytechnic National University, Ukraine

²LtdC "SoftServe", Ukraine

EMAIL: ¹ihor.o.protsko@lpnu.ua, ²ocr@ukr.net

**ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЬНОГО МНОЖЕННЯ
ВЕЛИКИХ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВІ
ПРОСТОР МОНТГОМЕРІ**

Dr.Sci. I.Процько¹, О.Гришук²

¹Національний університет «Львівська політехніка», Україна

²ТОВ «СофтСерв», Україна

Abstract. The main parts of implementing Montgomery's modular multiplication for software development are considered. The methods developed by the Montgomery Arithmetic class over large integers performing modular Montgomery multiplication are described. The reduction method for Montgomery area that uses pre-computation is improved. The developed software implementation of modular multiplication over large integers with 1K and 2K bits provides faster calculations compared to the functions of the MPIR, OpenSSL, Crypto++ libraries.

Keywords: Modular multiplication, Montgomery reduction, large numbers, speedup computation

Анотація. Розглянуто основні частини реалізації модульного множення Монтгомері для розробки програмного забезпечення. Описано методи розробленого класу Montgomery Arithmetic над великими цілими числами для виконання модульного множення Montgomery. Покращено метод редукції операнда для області Монтгомері, який використовує попереднє обчислення. Розроблена програмна реалізація модульного множення над великими цілими числами з 1К і 2К біт забезпечує більш швидкі обчислення порівняно з функціями бібліотек MPIR, OpenSSL, Crypto++.

Ключові слова: Модульне множення, скорочення Монтгомері, великі числа, прискорення обчислень

The most critical from the point of view of computational implementation is the operation of modular multiplication. The increase in

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

the number of digits leads to the complication of performing calculations on general-purpose computers, the slowing down of data exchange, and the possibility of unauthorized access to computer systems [1]. Currently, to achieve a level of security acceptable for most applications, the necessary length of numerical data of modular multiplication can be 1024 - 4096 bits. It is these areas that use modular computing to model various processes, calculate activation functions in neural networks, cryptographic encryption and decryption, and generate pseudorandom data.

Modular multiplication of the large number T_1 by the large number T_2 modulo M consists of calculating the product of T_1 and T_2 with a large modulus M , in form,

$$D = T_1 \cdot T_2 \bmod M, \quad (1)$$

it is believed that $2^{n-1} \leq M < 2^n$, $T_1 < M$, $T_2 < M$ and $T_1, T_2, M \in \mathbb{Z}$, $D \in \mathbb{Z}_m$.

In the case of calculation (1) with large integers T_1, T_2, M , use the property

$$T_1 \cdot T_2 \bmod M = [(T_1 \bmod M) \cdot (T_2 \bmod M)] \bmod M, \quad (2)$$

which allows you to perform calculations with smaller numbers. Thus, the basic operation of modular multiplication is the modular reduction of the numbers T_1 and T_2 concerning module M .

The several effective algorithms of modular reduction have been proposed, the main idea of which is to move from the operation of division to multiplication and shift. Algorithms are the most common among them Barrett Reduction, Mod without Division, Montgomery Reduction. Montgomery reduction [2] is used for modular reduction and is currently the most common algorithm. A unique property of the Montgomery reduction is that the algorithm does not compute the modulus directly, but instead, the modulus is multiplied by a constant. There are various modifications to the Montgomery modular reduction implementation. The Montgomery reduction of the T number is defined as

$$T R^{-1} \bmod M, \quad (3)$$

where $0 < T < M-1$; $R > M$; $R, M \in \mathbb{Z}$. To calculate the Montgomery reduction (3), you need to determine the value of R^{-1} that satisfies the condition $R \cdot R^{-1} \bmod M = 1$. For working with large numbers is common to write the Montgomery radix $R = 2^k$.

The Montgomery reduction of the multiplication $T_1' \cdot T_2'$, where $T_1' = T_1 R \bmod M$ and $T_2' = T_2 R \bmod M$, is

$$T_1' \cdot T_2' R^{-1} \bmod M \equiv (T_1 R \bmod M \cdot T_2 R \bmod M) / R^{-1} \bmod M = T_1 \cdot T_2 R \bmod M. \quad (4)$$

Montgomery multiplication (4) involves initially converting the operands into the Montgomery space, performing multiplication over the converted numbers, followed by re-conversion of the multiplication result from the Montgomery space. The software implementation of the calculation of modular multiplication is included in the software libraries Crypto++, OpenSSL, MPIR, designed for working with large numbers. Software-implemented and modified algorithms of modular multiplication using Montgomery reduction require an experimental study of their advantages and disadvantages. The developed program based on the implementation of accelerated modular multiplication with a combination of modular reduction according to the Montgomery algorithm uses *MontgomeryArithmetic* class. This class uses functions and data types of the MPIR (Multiple Precision Integers and Rationals) library [3]. Before performing the multiplication operation, the conversion algorithm implemented for multi-bit numbers is used to convert all numbers into the Montgomery space based on the *init mpz_class init(const mpz_class& x) const* method. For the product of two numbers *a_inv* and *b_inv* from the Montgomery space, a decision is made use of the multiplication from the MPIR library optimized with the help of AVX2 SIMD instructions. The Montgomery reduction is performed by function *mod_arithmetic_new_reduce(res_)*. It is believed that the method *reduce()* is one of the most critical in terms of the performance of the reduction Montgomery computation. This developed method is an improved version of the *mod_arithmetic_reduce_1(res_)* function of the MPIR library, which performs the basic algorithm based on the Montgomery reduction.

An important stage is testing the execution time of modular multiplication over large numbers on a computer system. Experimental testing of 5 library functions marked as *crypto++*, *openssl*, *mpir_redc_1*, *mpir_redc_2*, *mpir_redc_n* and developed *mpir_redc_new* using MPIR library to implementation, is presented in Figure 1. There are three reduction functions in the MPIR library: *mpn_redc_1()*, *mpn_redc_2()*, *mpn_redc_n()* function is used for numbers less than 2048 bits, 4096 bits, and larger numbers.

Analysis of the execution time of modular multiplication revealed that the execution time of the developed function *mpir_redc_new()* is the smallest than the execution time of the library functions.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

The average time(ns) of computing the modular multiplication		
	1024b	2048b
crypto++	279	968
mpir_reduce_1	183	646
mpir_reduce_2	190	658
mpir_reduce_n	238	690
mpir_reduce_new	168	551
openssl	208	827

Figure 1. The experimental results of computing the Montgomery modular multiplication on an Intel Core i9-10980XE processor

References

- [1]. V. Zadiraka, A. Tereshchenko, Computer arithmetic of multi-bit numbers in serial and parallel computing models, Scientific opinion, Kyiv. 2021. 152 p.
- [2]. J.-C. Bajard, J. Eynard, N. Merkiche, Montgomery reduction within the context of residue number system arithmetic. Special Issue on Montgomery Arithmetic, Journal of Cryptographic Engineering, 8 (2018): 189–200. doi:10.1007/s13389-017-0154-9.
- [3]. MPIR: Multiple Precision Integers and Rationals. 2021. URL: <http://mpir.org/>.

УДК 629.33

МОДЕЛЮВАННЯ КРИТИЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ ЗІ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ НАПІВЖОРСТКОГО ШПИНДЕЛЯ

Ph.D. Б. Завертанний¹_[0009-0001-7492-3663], Dr.Sci. В. Кальченко¹_[0000-0002-9072-2976],
Ph.D. М. Завертанний²_[0000-0002-8415-8555], Ph.D. Г. Пасов¹_[0000-0001-7248-9085],
Ph.D. В. Венжега¹_[0000-0002-8857-349X], Ph.D. Я. Кужельний¹_[0000-0002-5269-8557],
Д. Машковцев¹_[0009-0008-5591-4789]

¹ Національний університет “Чернігівська політехніка”, Україна,
² Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Україна,
EMAIL: zavertannyi@stu.cn.ua, v.kalchenko@stu.cn.ua, zavertannyi@gmail.com,
genapasov@gmail.com, venzhegavi@stu.cn.ua, kyzhelnuyim@stu.cn.ua,
mashkovtsevdmitro@gmail.com

**SIMULATION OF CRITICAL SPEEDS OF AUTOMOBILE WHEEL
USING SEMI-RIGID SPINDLE METHOD**

**Ph.D. B. Zavertannyi¹, Dr.Sci. V. Kalchenko¹, Ph.D. M. Zavertannyi²,
Ph.D. H.Pasov¹, Ph.D. V. Venzheha¹, Ph.D. Y. Kuzhelnyi¹, D.Mashkovtsev¹**

¹National University Chernihiv Polytechnic, Ukraine

²E.O. Paton Electric Welding Institute

***Анотація.** Можливість визначати і керувати критичними швидкостями тіл обертання надає можливості створювати сучасні високошвидкісні пристрої та машини з високими характеристиками частот обертання роторів. У процесі проектування автомобіля важливою складовою розрахунку є визначення критичних частот обертання його складових частин, в тому числі і коліс автомобіля. Розроблено математичний продукт для розрахунку критичних швидкостей колеса у зборі.*

***Ключові слова:** колесо, критична швидкість обертання, напівжорсткий шпindel*

***Abstract.** The ability to determine and control critical speeds of rotating bodies makes it possible to create modern high-speed devices and machines with high characteristics of rotor rotation frequencies. In the process of designing a car, an important component of the calculation is the determination of the critical rotation frequencies of its component parts, including the wheels of the car. A mathematical product has been developed for calculating the critical speeds of the wheel assembly.*

***Keywords:** wheel, critical speed of rotation, semi-rigid spindle*

При проектуванні сучасних швидкісних автомобілів необхідна можливість визначення критичних швидкостей, які обмежують робочий діапазон роторів у складі автомобіля. Досить ефективно керування частотами коливань та критичними швидкостями складових автомобіля здійснюється, з метою знаходження діапазону робочих швидкостей на достатній віддаленості від критичних швидкостей, методами застосування пружних опор. При визначенні критичних швидкостей коліс автомобіля, які складаються з елементів, які по формі відмінні від циліндричної форми, можливе виникнення значної похибки при визначенні їх інерційних параметрів геометричними методами по причині суттєвої ідеалізації розрахункової схеми.

У роботах по дослідженню динаміки автомобільного транспорту [1,2] розглядаються питання динаміки руху автомобільного колеса, але не зачіпається область критичних частот обертання (резонансних явищ). Для проведення розрахунків критичних швидкостей досить часто застосовується метод, який застосовується у легкій

промисловості – метод “напівжорсткого” шпинделя, використання якого надає можливість визначити дві критичні швидкості ротора з похибкою в діапазоні 5% [3]. Використовуючи вирази потенційної енергії деформованої механічної системи, кінетичної енергії автомобільного колеса у зборі, та застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду, отримуємо систему чотирьох диференціальних рівнянь другого порядку, що математично описують вільні коливання автомобільного колеса. Автомобільне колесо предствлено у виді одномасової насадки, яку зафіксовано на пружному валу. Математична модель вільних коливань автомобільного колеса з опорами (підшипниками кріплення приводного валу), які мають пружну характеристику виглядає наступним чином (1) [3].

$$\begin{cases} M\ddot{\eta} + m_{1\eta}\dot{\eta} - m_{2\eta}\alpha = 0; \\ M\ddot{\zeta} + m_{1\zeta}\dot{\zeta} - m_{2\zeta}\beta = 0; \\ A\ddot{\alpha} + C\omega\dot{\beta} - m_{2\eta}\dot{\eta} + m_{3\eta}\alpha = 0; \\ A\ddot{\beta} - C\omega\dot{\alpha} - m_{2\zeta}\dot{\zeta} + m_{3\zeta}\beta = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Застосувавши методи обчислення на ЕОМ та беручи значення масових характеристик складових колеса автомобіля з CAD систем (можлива автоматична синхронізація та оновлення даних при зміні складових колеса у зборі) проводиться моделювання критичних швидкостей колеса. Розроблено програмний продукт, за допомогою якого можна ефективно розраховувати критичні швидкості, що дозволяє вносити зміни до проекту колеса ще на етапі моделювання автомобільного транспорту.

Література

- [1] Подригало, М. А. Динамика одиночного колеса автомобиля при срыве в полное буксование / М. А. Подригало, Д. М. Клец, О. А. Назарько // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.] – Х., 2010. – Вып. 26. – С. 35-38
- [2] Artyomov, Nikolay & Podrigalo, Mikhail & Abdulgazis, Aziz. (2018). Analyzing the dynamics of a single car wheel. MATEC Web of Conferences. 224. 02102. 10.1051/mateconf/201822402102.
- [3] Research of the influence of the treatment process of three-cone packing on critical speeds of bobbin holder of the winding machine / B.S. Zavertannyi, O.O. Akymov, O.P. Manoilenko, M.A. Zenkin, Y.A. Kovalev and S.A. Pleshko // Vlákna a textil (Fibres and Textiles). – 2020. – № 4, Vol. 28, December. – ISSN: 1335-0617 2585-8890.

UDC 004.056

SECURING MICROSERVICES: CHALLENGES AND BEST PRACTICES

D. Volkov^[0009-0006-0933-616X]

Odesa Polytechnic National University, Ukraine
EMAIL: volkov.denis.v17@gmail.com

БЕЗПЕКА МІКРОСЕРВІСІВ: ПРОБЛЕМИ ТА КРАЩА ПРАКТИКА

Д. Волков

Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Abstract. This study reviews existing research on microservices security, identifying gaps such as the lack of universal threat models and comparative analyses of security solutions. A new threat model is proposed to address these issues, designed to identify, classify, and mitigate security threats specific to microservice environments. This model categorises threats into 15 vectors. The practical application of this model is demonstrated with a standard microservice-based application, showing its effectiveness in pinpointing vulnerabilities and mapping attack vectors. The proposed model aims to unify threat descriptions and improve security management, enhancing the overall security posture of microservice-based systems.

Keywords: microservice architecture, cybersecurity, threat modelling, security mechanisms, secure microservices.

Анотація. Ця робота аналізує наявні публікації за темою безпеки мікросервісів, виявляючи прогалини, такі як відсутність універсальних моделей загроз та порівняльних аналізів рішень з безпеки. Для розв'язання цих проблем пропонується нова модель загроз, розроблена для виявлення, класифікації та пом'якшення загроз, специфічних для середовищ мікросервісів. Ця модель класифікує загрози на 15 векторів. Практичне застосування цієї моделі продемонстровано на застосунку на основі мікросервісів, що показує її ефективність у виявленні вразливостей і картуванні векторів атак. Пропонована модель має на меті уніфікувати описи загроз та покращити управління безпекою, підвищуючи загальний рівень захисту систем на основі мікросервісів.

Ключові слова: мікросервісна архітектура, кібербезпека, моделювання загроз, механізми безпеки, безпечні мікросервіси.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

Microservice architecture is favoured for developing scalable, flexible software, especially in cloud environments. It enables independent development, deployment, and scaling of small services [1].

However, its distributed nature increases security challenges, creating more attack vectors and complicating security management.

These include increased attack surfaces, the need for secure inter-service communication, trust

management, complex logging and monitoring, and reliance on the security of deployment environments and cloud services [2, 3].

The literature review examines research on microservices security, highlighting security breaches, threat categorisation and security mechanisms. Despite extensive research, common threat models and practical applications are lacking [4].

Key works reviewed noted increased research but identified gaps, such as the absence of universal threat models (or categorising threats without detailed modelling) and comparative analyses of security solutions.

The study aims to explore the full range of security threats inherent in microservice architecture and compile a list of protection mechanisms. To achieve this, two key research questions were posed:

- What are the most common threats in microservice architecture?
- What protection mechanisms are most used to ensure security?

The study underscores the need for a specialised threat model that provides an individual approach depending on the system's context and improves understanding of potential threats.

The proposed threat model for microservice architectures addresses their unique security challenges by providing a comprehensive framework to identify, classify, and mitigate threats. It consists of several key properties. The source properties identify where the threat originates, such as insecure protocols or outdated libraries.

The impact point property specifies where the threat affects the system, like communication channels or container environments.

The expected consequences property describes potential damage, including data breaches or unauthorised access. The mitigation strategies property recommends actions to counteract threats, such as using strong encryption, enforcing access controls, and regular updates.

The threat model consists of 15 categories (attack vectors) such as inter-service communication, containerisation, docker images, orchestration (deployment), third-party dependencies, lack of security patterns and design

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

principles, monitoring and logging, exposing services and data publicly, identity and access management, authentication and authorisation, data management, encryption, configuration management, polyglot approach, and backup and recovery.

The threat model's practical application is demonstrated using a standard microservice-based application [5].

The goal is to show how the model simplifies identifying weak points within the application by mapping out potential impact points and corresponding attack vectors.

A proposed threat classification can be used to systematically identify, categorise, and mitigate security threats in microservice architectures. Applying this threat model makes it possible to unify the description of security mechanisms, identify vulnerabilities more effectively, and implement comprehensive mitigation strategies. This will allow for an improved understanding of potential threats and enhance the overall security posture of microservice-based applications.

References

- [1]. I. Nadareishvili, R. Mitra, M. McLarty, M. Amundsen, *Microservice Architecture: Aligning Principles, Practices, and Culture*, O'Reilly, Sebastopol, CA, 2016.
- [2]. K. A. Torkura, M. I. H. Sukmana, C. Meinel, *Integrating Continuous Security Assessments in Microservices and Cloud Native Applications*, In *Proceedings of 10th International Conference on Utility and Cloud Computing* (2017): 171–180. doi: 10.1145/3147213.3147229.
- [3]. T. Yarygina, A. H. Bagge, *Overcoming Security Challenges in Microservice Architectures*, *IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE)* (2018): 11–20. doi: 10.1109/SOSE.2018.0001.
- [4]. D. Berardi, S. Giallorenzo, J. Mauro, A. Melis, F. Montesi, M. Prandini, *Microservice security: a systematic literature review*, *PeerJ Computer Science* 8 (2022). doi: 10.7717/peerj-cs.779.
- [5]. R. S. de O. Júnior, R. C. A. da Silva, M. S. Santos, D. W. Albuquerque, H. O. Almeida, D. F. S. Santos, *An Extensible and Secure Architecture based on Microservices*, *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* (2022); 01-02. doi: 10.1109/ICCE53296.2022.9730757.

**АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ПРОБЛЕМАТИКИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ СЦЕНАРІЇВ ТЕСТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ
КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР**

Г.Крупнев^{1[0009-0008-0667-8070]}, **Ph.D. О. Блажко**^{2[0000-0001-7413-275X]},
Ph.D. М. Рудніченко^{3[0000-0002-7343-8076]}

*Національний університет «Одеська політехніка», Україна
EMAIL: ¹gkrupnev@stud.op.edu.ua, ²blazhko@op.edu.ua,
³nickolay.rud@gmail.com*

**ANALYSIS OF FEATURES AND PROBLEMS OF AUTOMATION
OF TESTING SCENARIOS IN THE DEVELOPMENT OF
COMPUTER GAMES**

G.Krupenev, Ph.D. O. Blazhko, M. Rudnichenko
Odesa Polytechnic National University, Ukraine

***Анотація.** У даній роботі проаналізовано особливості, проблеми процесів автоматизації сценаріїв тестування при розробці комп'ютерних ігор та шляхи їх вирішення. Визначена актуальність зазначеної тематики, наведено приклади існуючих та використаних при створенні сучасних ігрових програмних застосувань методик та підходів.*

***Ключові слова:** автоматизація тестування, геймдев, ручне тестування.*

***Abstract.** This work analyzes the features, problems of automation processes of test scenarios during the development of computer games and their approaches. The relevance of the designated topic is determined, and applications of existing and applied methods and approaches in the creation of gaming software are provided.*

***Keywords:** automation of testing, game development, manual testing.*

В даний час сфера сучасного геймдева постійно розвивається, спостерігається активне зростання вимог до забезпечення якості вихідних ігрових програмних додатків та систем, що відбивається в оптимізації та вдосконаленні всіх етапів життєвого циклу розробки подібних проєктів, у тому числі в тестуванні [1]. У зв'язку зі значною складністю програмної реалізації різних аспектів клієнт-серверних комп'ютерних ігор, як для десктопних станцій, так і для мобільних

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

додатків виникають ризики зростання ймовірності появи небажаних поведінкових сценаріїв, некоректних ігрових ситуацій та інших багів, виявити які на стадії розробки не завжди є можливим. Тому зростає значущість та критичність ефективної організації процесів тестування різних ігрових сценаріїв та віртуальних локацій, коректності відображення асетів, локалізацій, механік, а також геймплею загалом.

У зв'язку з високими тимчасовими витратами на оплату праці мануальним тестувальникам, низьким ступенем підтриманості і високою вартістю оновлення документації, що формується, доцільним є використання автоматизованого тестування, у тому числі у сфері пошуку аномалій і багів у графічному інтерфейсі користувача та в ігровому UI в цілому [2]. Автоматизоване тестування сучасних комп'ютерних ігор включає кілька етапів, які забезпечують структурований і ефективний процес перевірки як кросплатформових, так і унітарних ігрових додатків під конкурентні операційні системи [3]. Ці етапи можна розділити на: 1. Планування автотестів, включає визначення цілей і завдань, вибір аспектів і ігрових сценаріїв для автоматизації, вибір програмних інструментів, розподіл обов'язків у командрі тестувальників. 2. Підготовка тестів, передбачає етапи створення тестових сценаріїв, підготовки вхідних тестових даних (ігрові профілі, конфігурації рівнів, налаштування графіки та ін), налаштування середовища тестування (апаратне та віртуальне середовище). 3. Реалізація тестів, у тому числі етап написання автотестів у вигляді окремих програмних скриптів або їх наборів, інтеграцію із системами контролю версій, безперервної доставки та інтеграції, підключенням зовнішніх ресурсів та інтеграції сторонніх API. 4. Виконання тестів, включає запуск тестів відповідно до створених конфігурацій, моніторинг їх стану, збір логів та інших технічних даних. 5. Аналіз результатів, у тому числі оцінка та пріоритезація виявлених проблем у комп'ютерній грі, багів в інтерфейсі або серверній частині, генерація зведених тестових звітів, а також видача рекомендацій щодо усунення знайдених недоліків. 6. Підтримка та покращення автотестів, у тому числі їх актуалізація, оновлення, оптимізація для скорочення часу їх виконання та підвищення загальної надійності, у тому числі шляхом розширення тестового покриття.

Проблеми автоматизації тестування сучасних комп'ютерних ігор пов'язані з їхньою складністю, різноманітністю платформ та

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

необхідністю враховувати людський фактор. Слід зазначити, що з реалізації цього типу тестування фахівці практично часто стикаються з низкою складнощів та проблем, які можна розділити на технічні та організаційні. До важливих технічних складнощів слід віднести:

1. Висока ймовірність виникнення непередбачуваних та логічно не пов'язаних ситуацій, що виявляються через взаємодію ігрових механік. Ігрове оточення та поведінка персонажів може змінюватися в реальному часі, що ускладнює написання стійких тестів.

2. Інтеграція в ігрових додатках різномірних уніфікованих компонентів, таких як графічний інтерфейс, правила розрахунку фізичних процесів, елементи штучного інтелекту в роботі віртуального супротивника, різних розрахованих на багато користувачів режимів взаємодії гравців.

3. Підтримка тестів стає проблемою, особливо у умовах швидких релізних циклів. Якщо автоматизація не інтегрована в процес розробки то це може призвести до старіння тестів і підвищує кількість хибнопозитивних або хибнонегативних результатів.

До головних організаційних проблем належать:

1. Нетривіальність тестування досвіду користувача, що пов'язано з тим, що ігровий процес включає суб'єктивні аспекти, такі як задоволення та емоції, що не піддаються ефективному тестуванню в автоматизованому вигляді.

2. Відсутність у команди тестувальників чіткого розуміння та аргументованого плану всіх аспектів тестування, які необхідно автоматизувати, а також специфікацій за очікуваними результатами, що призводить до неправильного розподілу ресурсів та зусиль.

3. Необхідність організації ефективного зворотного зв'язку між командами розробки та автоматизації тестування ігрових додатків є ключовим фактором успішного використання створених тестів.

Без цього розробники можуть недооцінювати важливість тестів або не враховувати їх результати, що може спричинити появу некоректних спрацьовувань в автоматизованих тестах, підриваючи довіру команди до результатів тестування. У зв'язку з чим може бути потрібний регулярний аудит та підтримка автотестів, що додає додаткове навантаження на команду.

Висновки. В результаті проведеного аналізу особливостей та проблематики автоматизації сценаріїв тестування при розробці комп'ютерних ігор слід зазначити, то вирішення формалізованих

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

проблем частково можливо шляхом розробки власної методики оцінки ефективності окремих етапів тестування, зокрема з UI напрямку. Доцільним при цьому може бути застосування моделей штучного інтелекту, теорії прийняття рішень та системного аналізу, що буде проведено у подальніших дослідженнях та в рамках кваліфікаційної магістерської роботи.

Література

1. Keehl O., Smith A. Monster Carlo: An MCTS-based Framework for Machine Playtesting Unity Games // Profile image of Oleksandra KeehlOleksandra Keehl, 2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG), 2018,
2. Ariyurek S., Betin-Can A., Surer E. Automated Video Game Testing Using Synthetic and Human-Like Agents, 2019. URL: arXiv:1906.00317v1 [cs.AI]
3. Jaffe A., Miller A., Andersen E., Liu Y.-E., Karlin A., Popovic Z. Evaluating competitive game balance with restricted play / Proc. Of the Eighth AAAI Conf. on Artificial Intelligence and Interactive DigitalEntertainment, ser. AIIDE'12, 2012, pp. 26–31.

УДК 004

**РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ МАНЕВРУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ**

В. Рягузов^{1[0000-2352-1566-136X]}, **Ph.D. Н. Шибасва**^{1[0000-0002-7869-9953]},
І. Петров^[0000-0002-8740-6198]

¹ *Національний університет «Одеська політехніка», Україна*

² *Національний університет «Одеська морська академія», Україна*
EMAIL: amatory363@ukr.net, denscreamer@gmail.com, firmless@gmail.com

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PROJECT FOR EVALUATING
VEHICLE MANEUVERABILITY INDICATORS**

V. Ryaguzov, Ph.D. N. Shibaeva, I. Petrov
Odesa Polytechnic National University, Ukraine.
Odesa Maritime Academy, Ukraine.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

***Анотація.** У даній роботі наведено результати розробки проекту програмного забезпечення оцінки показників маневрування транспортного засобу на прикладі морського судна. Описана модульна структура програмного застосування та пропонована архітектура його подальшої імплементації для практичного використання з метою підтримки прийняття керуючих рішень.*

***Ключові слова:** маневрування транспортних засобів, оцінка показників судна.*

***Abstract.** This work presents the results of the development of a software project for evaluating vehicle maneuvering indicators on the example of a sea vessel. The modular structure of the software application and the proposed architecture of its further implementation for practical use to support management decision-making are described.*

***Keywords:** maneuvering of vehicles, assessment of vessel performance.*

Широке впровадження інформаційних технологій забезпечення безпеки перевезень для цілей маневрування транспортними засобами докорінно змінило умови роботи водіїв. Це дозволило меншою кількістю витрат більш ефективно та безпечно керувати маневруванням різних типів транспорту, в тому числі авто та морського [1].

При цьому використовуються сучасні навігаційні пристрої, які дозволяють забезпечувати інформаційну підтримку прийняття рішення при управлінні процесом руху транспортних засобів по маршруту переходу. Доволі ефективні навігаційні системи, які можуть змінювати характер роботи штурманського складу, є навігаційна - інформаційна з електронною картою (ECDIS).

Вона дозволяє крім звичайних функцій паперової карти забезпечити значні переваги щодо виконання окремих елементів штурманської роботи з планування безпечного маршруту переходу і функцій підтримки прийняття рішення при управлінні його рухом і маневруванням [2].

Виконання управляючих операцій по маневруванню, наприклад, суден в умовах обмеженого простору супроводжується дією зовнішніх збурень і для збереження високих експлуатаційних характеристик системи управління в таких складних умовах необхідно використовувати підхід, заснований на впровадженні навігаційних пристроїв підтримки прийняття рішення [3].

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odessa**

На відміну від використовуваного оглядово - порівняльного способу управління рухом, використання навігаційних пристроїв вимагає автоматизації процесів обробки інформації та прийняття за їх результатами рішень з управління транспортним засобом.

Створення таких систем вимагає подальшого дослідження процесу маневрування і розробки сучасних програмних додатків підтримки даного процесу.

В рамках запропонованого проекту програмного забезпечення планується створення десктопного застосування. Діаграма варіантів використання проекту наведена на рис.1.

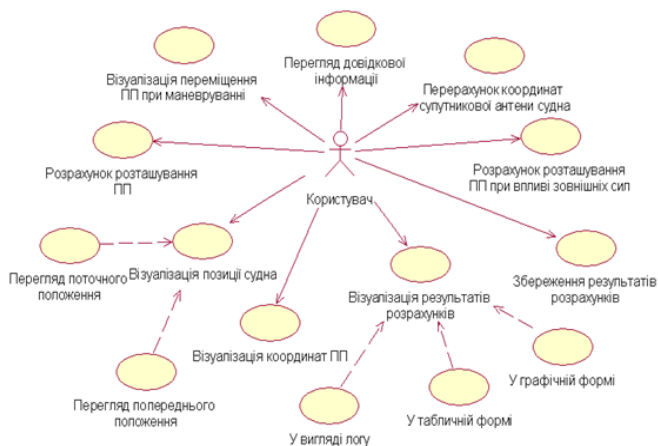


Рисунок 1. Діаграма варіантів використання системи

Користувач може виконувати розрахунок розташування координат полюсу повороту транспортного засобу, візуалізувати його переміщення при зміні параметрів (маневруванні), переглядати поточне положення судна та попереднього положення, візуалізувати координати полюсу повороту графічним чином, візуалізувати результати розрахунків в вікні логу, у таблиці та у вигляді діаграми, здійснювати перерахунок координат супутникової антени судна,

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

виконувати розрахунок розташування полюсу повороту при впливі зовнішніх сил та зберігати результати отриманих розрахунків.

Розроблене програмне забезпечення складається з окремих функціональних підсистем, що реалізують різні функції, кожна з яких функціонально виконана у вигляді однієї вкладці на головній формі. Головний клас `main.pyw` містить головний метод з точкою входу в програму, а також програмний код ініціалізації проекту і підключення необхідних програмних бібліотек. Склад підсистем:

1) Модуль реалізації навігаційного пристрою розрахунку розташування полюса повороту і візуалізація його переміщення при маневруванні.

2) Модуль перерахунку координат супутникової антени судна на центр ваги.

3) Модуль напівавтоматичного навігаційного пристрою розрахунку розташування полюса повороту при впливі зовнішніх сил і результуючої всіх керуючих впливів на корпус судна.

Висновки. Створений проект програмного забезпечення оцінки показників маневрування транспортного засобу може бути використаний у якості основи для підтримки процесів прийняття рішень щодо управління судном на базі точного розрахунку полюсу повороту. Подальшим кроком є програмна імплементація даного проекту у вигляді повноцінного десктопного застосування з функціями розгортання та імітації процесів його локальної чи клієнт-серверної роботи.

Література

[1]. Вагушенко Л.Л. Суднові навігаційно-інформаційні системи / Л. Вагушенко, О. Л. Вагушенко. – Одеса: НУ «ОМА», 2016. – 238.

[2]. Голіков В.В. Алгоритм визначення положення полюса повороту морського судна/В.В. Голіков, С.Е. Мальцев // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. - Випуск №1 (8). Херсон: Видавництво ХДМА, 2013. - С. 21-27.

[3] Andy Chase G. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point / G. Andy Chase // The Northern Mariner Le Marin du nord, IX. – 1999. - №3. – PP. 53-59.

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

ДЛЯ НОТАТОК

**Materials of the XII International Scientific Conference
«Information-Management Systems and Technologies»
23th – 25th September, 2024, Odesa**

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

**ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І
ТЕХНОЛОГІЇ
(ІУСТ ОДЕСА - 2024)**

Матеріали
XII Міжнародної науково-практичної конференції

23–25 вересня 2024 р. Одеса

Відповідальний редактор
В. В. Вичужанін

Підписано до друку 08.09.2024 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 19,41 Тираж 100 прим.
Зам. № 0924-115.

Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.