

DOI: 10.1016/2309-5180-2016-8-4-223-231

УДК 004:37:001:62

ББК 74.5(0)я431+74.6(0)я431+32.81(0)я431

С 56

«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
(ІУСТ-ОДЕСА-2021). Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції, 23 - 25 вересень 2021 р Одеса / вип. ред. В.В. Вичужанін, 2021. - 209 с.

ISBN 978-5-9556-0140-3

Збірник містить матеріали, прийняті оргкомітетом до участі в Міжнародній науково - практичній конференції «ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ» (ІУСТ-ОДЕСА-2021).

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

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції  
«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
23 - 25 вересня 2021 р., Одеса

---

---

National University "Odessa Polytechnic"; Kiev National University,  
T. Shevchenko; Kharkov National University of Radio Electronics; National  
Aviation University; Sumy State University; National University of  
Shipbuilding, Admiral S.O. Makarov; Lodz Technical University

---

---



**МАТЕРІАЛИ  
X МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«Інформаційні управляючі системи та технології»  
(ICST- ODESSA – 2021)  
23 Вересня - 25 вересня 2021 р.**

Одеса

2021



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-2021).

The conference materials cover the main areas of development in the field of information management systems; intelligent systems and data analysis; modeling and program development.

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.

Міжнародний програмний комітет конференції  
«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
(ДУСТ-ОДЕСА -2021)

- Проф. Абдель-Бадіх С. (Єгипет);  
Проф. Адіо Таофік Акінвале (Нігерія);  
Проф. Антощук С. (Україна);  
Проф. Бабичев С. (Чеська Республіка);  
Доц. Бобровникова К. (Україна);  
Проф. Бондарев Е. (Нідерланди);  
Проф. Винокурова Е. (Україна);  
Доц. Вороненко М. (Україна);  
Проф. Висоцька В. (Україна);  
Проф. Вичужанін В. (Україна);  
Доц. Гнатюк С. (Україна);  
Проф. Говорушенко Т. (Україна);  
Проф. Дамасявічюс Р. (Польща);  
Доц. Димитрова М. (Болгарія);  
Проф. Дрозд А. (Україна);  
Доц. Журіленко Б. (Україна);  
Доц. Кадрі С. (Ліван);  
Проф. Калашников А. (Англія);  
Проф. Карабеговіч І. (Боснія і Герцеговина);  
Проф. Кастільо О. (Мексика);  
Проф. Кондратенко Ю. (Україна);  
Проф. Корабльов М. (Україна);  
Проф. Корбіч Ю. (Польща);  
Проф. Кумар Тріпаті А. (Індія);  
Проф. Литвин В. (Україна);  
Проф. Литвиненко В. (Україна);  
Доц. Лисенко С. (Україна);  
Проф. Любченко В. (Україна);  
Проф. Малахов Є. (Україна);  
Проф. Межуєв В. (Австрія);  
Доц. Мірцхулава Л. (Грузія);  
Проф. Нирків А. (Російська Федерація);  
Проф. Овермайер С.П. (США);  
Проф. Пакстас А. (Великобританія);  
Проф. Пелешко Д. (Україна);  
Проф. Постан М. (Україна);

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції  
«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
23 - 25 вересня 2021 р., Одеса

---

Проф. Рашид М. (Ірак);  
Доц. Рихлік А. (Польща);  
Доц. Рудніченко Н. (Україна);  
Проф. Савенко О. (Україна);  
Проф. Савіна Н. (Україна);  
Проф. Суботін С. (Україна);  
Проф. Тарасов А. (Україна);  
К.т.н. Тищенко А. (Чеська Республіка);  
Проф. Федосенко Ю. (Російська Федерація);  
Проф. Ханг Інъ (США);  
Проф. Харченко В. (Україна);  
Проф. Царьов А. (Польща);  
Проф. Чженмао Е. (США);  
Доц. Шендрік В. (Україна).

Організаційний комітет

Антощук С., проф., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Вичужанін В., проф., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Говорущенко Т. проф. Хмельницький національний університет (Україна);  
Шендрік В., доц., Сумський державний університет (Україна);  
Гришин С., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Козлов А., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Рудніченко Н., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Шибяєва Н., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна)

Технічний комітет

Гришин С., доц Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Рудніченко Н., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна).  
Шибяєва Н., доц., Національний університет «Одеська політехніка»  
(Україна);  
Бут Н., Національний університет «Одеська політехніка» (Україна).

International conference program committee  
"Information Control Systems and Technologies"  
(ICST-ODESSA -2020)

- Prof. Abdel-Badeeh S. (Egypt);  
Prof. Adio Taofiki Akinwale (Nigeria);  
Prof. Antoshchuk S. (Ukraine);  
Prof. Babichev S. (Czech Republic);  
As. Prof. Bobrovnikova K. (Ukraine);  
Prof. Bondarev E. (Netherlands);  
Prof. Cariow A. (Poland);  
Prof. Castillo O. (Mexico);  
Prof. Damasyavichyus R. (Poland);  
As. Prof. Dimitrova M. (Bulgaria);  
Prof. Drozd O. (Ukraine);  
Prof. Fedosenko Yu.S. (Russian Federation);  
As. Prof. Gnatyuk S. (Ukraine);  
Prof. Hang Yin (USA);  
Prof. Hovorushchenko T. (Ukraine);  
As. Prof. Kadry S. (Lebanon);  
Prof. Kalashnikov A. (England);  
Prof. Karabegovic I. (Bosnia and Herzegovina);  
Prof. Kharchenko V. (Ukraine);  
Prof. Kondratenko Yu. (Ukraine);  
Prof. Korablev N. (Ukraine);  
Prof. Korbicz J. (Poland);  
Prof. Kumar Tripathi A. (India);  
Prof. Liubchenko V. (Ukraine);  
As. Prof. Lysenko S. (Ukraine);  
Prof. Lytvyn V. (Ukraine);  
Prof. Lytvynenko V. (Ukraine);  
Prof. Malakhov E. (Ukraine);  
Prof. Mezhujev V. (Austria);  
As. Prof. Mirtskhulava L. (Georgia);  
Prof. Nyrkov A. (Russian Federation);  
Prof. Overmayer S. (USA);  
Prof. Pakstas A. (Great Britain);  
Prof. Peleshko D. (Ukraine);  
Prof. Postan M. (Ukraine);  
Prof. Rasheed M. (Iraq);

As. Prof. Rychlik A. (Poland);  
As. Prof. Rudnichenko N. (Ukraine);  
Prof. Savenko O. (Ukraine);  
Prof. Savina N. (Ukraine);  
As. Prof. Shendryk V. (Ukraine);  
Prof. Subbotin S. (Ukraine);  
Prof. Tarasov A. (Ukraine);  
Ph.D. Tyshchenko A. (Czech Republic);  
Prof. Vinokurova O. (Ukraine);  
As. Prof. Voronenko M. (Ukraine);  
Prof. Vychuzhanin V. (Ukraine);  
Prof. Vysotskaya V. (Ukraine);  
Prof. Zhengmao E. (USA);  
As. Prof. Zhurilenko B. (Ukraine)

### Organising Committee

Antoshchuk S., prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Vychuzhanin V., prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Hovorushchenko T., prof., Khmelnytsky National University (Ukraine);  
Shchendrik V., as. prof., Sumy State University (Ukraine);  
Grishin S., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Kozlov A., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Rudnichenko N., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Shibaeva N., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine).

### Technical committee

#### Committee secretaries:

Grishin S., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine);  
Rudnichenko N., as. prof., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine).

#### Committee members:

Shibaeva N., as. prof., as. prof., National University "Odessa Polytechnic"  
(Ukraine);  
But N., National University "Odessa Polytechnic" (Ukraine).

**CONTENTS**

**Section 1. Information control systems**

**METHOD OF JOINT APPLICATION OF A FLYING INFORMATION ROBOT AND WIRELESS SENSOR NETWORKS**

Dr.Sci Tachinina O., Dr.Sci. Lysenko O., Ph.D. Valuisky S., Ph.D. Alekseeva I. Ph.D. Novikov V.....23

**HETEROGENEOUS NETWORK PROBLEMS**

Dr.Sci. Goloskokov K., Korotkov V.....25

**IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE ERASMUS + BIOART PROJECT**

Dr.Sci. Tarasov O., Dr.Sci. Sahaida P., Ph.D. Vasylieva L.....27

**STATE OF MODERN BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION TECHNOLOGIE**

Dr.Sci. Lysytska I. , Lysytskyi K. ....29

**ON THE PROBLEM OF INFORMATION EFFICIENCY AND QUALITY ON THE INTERNET**

Dr.Sci. Voloshyn V.S., Dr.Ed. Fedosova I.V., Ph.D. Mironenko D.S.....31

**PROBLEMS OF OUTSOURCING TO ENSURE INFORMATION SECURITY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS**

Kirikov A., Dr.Sci. Nyrkov A.....33

**PECULIARITIES OF ENSURING NETWORK SECURITY DURING REMOTE WORK**

Dr.Sci Lysetskyi Y.M.....36

**APPLICATION OF DEEP LEARNING TO SOLVE THE PROBLEM OF GENERATING THEMATIC TEXT CONTENT**

Ph.D. Rudnichenko N.D., Dr.Sci. Vychuzhanin V.V., Pavlov O.O.,

Dr.Sci. Petrov I.M.....38

**CYBERNETIC SUIT FOR INTERACTION WITH VIRTUAL REALITY**

Ph.D. Ruvinskaya V., Ph.D. Troinina A., Zybin D.....41

**NETWORK TRAFFIC CLASSIFICATION USING DEEP LEARNING METHODS**

Ph.D., Spinareva I. M. , Yakushina A. A.....44

**THE ATTRACTIVENESS OF INVESTMENTS IN VHCN**

Ph.D. Andrzej Rychlik.....48

**TOWARDS AN APPROACH TO DECENTRALIZED STORAGE AND EXCHANGE OF BUSINESS PROCESS MODELS**

Ph.D. Kopp A. , Ph..D. Orlovskiy D.....51



---

---

**CYBER SECURITY MODEL FOR HEALTH-FREE ENVIRONMENT SYSTEMS**

Bozhatkin S., Guseva-Bozhatkina V., Ph.D. Farionova T., Dr.Sci. Zhuravska I., Pasiuk B.....53

**INCREASING ACCURACY OF THE MEASUREMENT OF PROXIMITY BETWEEN OBJECTS WITH INTERVAL ANALYSIS DURING PATTERN RECOGNITION IN ROBOTIC SYSTEMS**

Dr.Sci. Mammadov R., Mammadov G.M.....55

**ALGORITHM FOR OPTIMIZATION OF A PID CONTROLLER BASED ON A DIGITAL FILTER USING A GENETIC ALGORITHM**

Petrosian R., Dr.Sci. Pilkevych I., Petrosian A.....57

**VARIETY AND TYPES OF CYBER ATTACKS ON WATER TRANSPORT**

Alekseenkov A., Klyuchnikova D., Dedova N., Dr.Sci. Sokolov S.....60

**INTELLECTUAL INFO-ANALYTICAL SYSTEM OF GRADUATING DEPARTMENT'S EDUCATIONAL CONTENT ADAPTATION TO THE LABOR MARKET REQUIREMENTS**

Prylepa D.V., Ph.D. Shelechov I. V.....66

**ANOMALIES SEARCHING FOR VIDEO SURVILLANCE SYSTEMS**

Ph.D. Ruvinskaya V., Devyatkov V., Androsov A.....69

**THE USE OF CRYPTOCURRENCY SETTLEMENTS IN THE FIELD OF E-COMMERCE**

Suslenko V., Zatonatska T.....72

**INFORMATION SYSTEMS FOR CAR RENTAL SERVICES**

Ph.D. Shpinkovski O.A. Shpinkovska M.I., Dikhtiar N.S.....74

**APPLICATION OF THE NEURAL NETWORK TO SOLVE THE PROBLEM OF PATTERN RECOGNITION AND TEXT CONTENT**

Poprotska-Plachynda D.I., Ph.D. Rudnichenko N.D., Pavlov O.O.....77

**IMPROVED ENCRYPTION BASED ON SMALL REE GROUPS**

Dr.Sci. Gennady Khalimov, Ph.D. Yevgen Kotukh, Svitlana Khalimova,

Ph.D. Oleksandr Sievierinov, Ph.D. Oleksii, Oleksandr Marukhnenko.....79

**APPLICATION OF SINGLE-TYPE FILTERS FOR ANALOGUE AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING**

Ph.D. Ukhina H.V., Dr.Sci. Sytnikov V.S., Ph.D. Streltsov O.V.,

Ph.D. Stupen P.V., Dr.Sci. Kudria V.G.....82

**Section 2. Intelligent systems and data analysis**

**MANAGEMENT EXPERT DATA PROCESSING**

Dr.Sci. Arkhypov O.Ye., Ph.D. Arkhipova S.A.....85

---

---

**INTELLIGENT SYSTEM FOR ASSESSING THE RISK OF FAILURES OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS**

Dr.Sci. Vychuzhanina V., Vychuzhanin A.....87

**NONPARAMETRIC CHANGE POINT DETECTION USING HILL'S ASSUMPTION**

Dr.Sci. Klyushin D.A., Martynenko I.A.....91

**APPLICATION OF WAVELET TRANSFORMATION FOR ECG ANALYSIS**

Dr.Sci. Shcherbakova G.Yu., Dr.Sci. Krylov V.N., Medvedenko V.O.....93

**DETECTION OF OUTLIER FEATURES IN SMALL DATA BASED ON CLUSTERING**

Barmak O., Krak I., Manziuk E., Mazurets O., Pylypiak O.....96

**THE SUPPLY CHAIN FORECASTING METHOD BASED ON A TEMPORAL DISCRIMINATIVE RESTRICTED BOLTZMANN MACHINE**

Dr.Sci. Grygor A., Dr.Sci. Fedorov E., Ph.D. Nechyporenko A., Ph.D. Grygorian N.....99

**PROTOTYPING SMART HOME FOR DISABLED PEOPLE WITHOUT PHYSICAL MOVEMENT: EEG/MQTT-BASEDBRAIN-TO-THING COMMUNICATION**

Dr.Sci. Zubov D., Ph.D. Qureshi M.S., Ph.D. Köse U., Dr.Sci. Kupin A.....101

**COMPARISON ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PEARSON X<sup>2</sup> COEFFICIENT AND CORRELATION METRIC TO EVALUATE THE GENE EXPRESSION PROFILES PROXIMITY**

Ph.D. Yasinska-Damri L, Ph.D. Liakh I, Dr.Sci.Babichev S., Dr.Sci. Durnyak B.....103

**MENTALLY-FORMAL SOLUTIONS OF MACHINE LEARNING FOR INFORMATION TECHNOLOGY FOR TEST AUTOMATED CREATION IN SECURITY AND MEDICINE AREA**

Dr.Sci. Barmak A., Dr.Sci. Krak Y., Ph.D. Mazurets A., Ph.D. Manziuk E....105

**OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR CONDITIONS OF BENEFICIATION TECHNOLOGY THROUGH INTELLECTUAL CLASSIFICATION**

Dr.Sci. Kupin A., Dr.Sci. Zubov D., Ph.D. Osadchuk Y., Ivchenko R., Gradovoy O.....107

**A PROBLEM OF RESULT TRUSTWORTHINESS IN ARITHMETIC COMPONENTS OF SAFETY-CRITICAL SYSTEMS**

Dr.Sci. Drozd O.V., Bohovyk O.S., Horiachko M.S., Dovhan Y.O., Movsesian A.M.....109

<b>INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING THE ELECTRIC POWER TRANSMISSION PROCESS UNDER THE CONDITIONS OF THE HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS DESTRUCTIVE IMPACT</b>	
Dr.Sci. Burlov V.G., Mankov V.D., Polyukhovich M.A.....	112
<b>INFORMATION TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE FINANCIAL CONDITION OF A COMPANY FOR A STRATEGIC PERIOD USING COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS</b>	
Dr.Sci. Moskalenko V., Ph.D. Fonta N.....	114
<b>WEB STRUCTURE MINING: A METHOD OF DATA PREPROCESSING IN DETERMINING SEMANTIC SIMILARITY OF WEB-PAGE ELEMENTS</b>	
Ph.D. Yegoshyna G.A., Ph.D. Voronoy S.M., Severin M.V.....	116
<b>NEURAL NETWORKS FOR THE CONFORMITY OF SOFTWARE TESTING RESULTS TO THE DECLARED REQUIREMENTS</b>	
Shepeliev O. , Ph.D. Bilova M.....	120
<b>APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS OF OPERATIONAL PROPERTIES OF MODIFIED SOLUTIONS</b>	
Ph.D. Grishin S.I., Dr.Sci. Shinkevich E.S., Lisitsina I.N.....	121
<b>DIAGNOSING CORONAVIRUS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE</b>	
Dr.Sci. Mammadov R.G., Ph.D. Rahimova E.G., Aliyeva S.Y.....	123
<b>DEVELOPMENT OF WEB-SERVICE ON SEMANTICAL ANALYSIS OF TEXT AND REFERENCE</b>	
Leontiev K.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Geza M.I.....	126
<b>A DECISION MAKING SUPPORT METHODOLOGY BASED ON INTEGRATION AHP, ANP AND GRAPH VISUALIZATION</b>	
Ph.D. Netesin I.E., Ph.D. Polischuk V.B., Dr.Sci. Nesterenko O.V.....	128
<b>DEVELOPMENT OF A NEURO-FUZZY INTELLIGENT NETWORK FOR MONITORING AND CONTROL OF MICROCLIMATE SYSTEMS</b>	
Dr.Sci., Mikhailov S.A., Ph.D. Kharchenko R.Yu.....	130
<b>POSSIBILITIES OF IOT BY WATER TRANSPORT</b>	
Alekseenkov A., Klyuchnikova D., Ph.D. Li I.....	132
<b>SYNTHESIS OF AN INTEGRAL SIGNAL FOR MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAMS</b>	
Dr. Sci. Filatova A.E., Dr. Sci. Povoroznyuk A.I.....	136
<b>BASIC ALGORITHMS USING AN ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM ANALYSIS</b>	
Gilmiyarov V.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Plotnikov M.S.....	139

---

---

**ANALYSIS OF LOANS ISSUED BY BANKS TO VARIOUS CLIENTS  
USING A SCORING SYSTEM**

Kolodich I.Y., Ph.D. Rudnichenko N.D., But N.V.....141

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF INTELLECTUAL SEARCH  
FOR ANOMALIES IN TESTING OF INTERACTIVE SYSTEMS**

Kramarenko D.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Ph.D. Shybaieva N..... 143

**ANALYSIS OF TYPES OF RECOMMENDATION SYSTEMS IN ORDER  
TO DETERMINE THE OPTIMAL MODEL OF THE  
RECOMMENDATION SYSTEM OF TOURIST SERVICES**

Melnik B.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Tkachuk I.V.....146

**CONCEPT OF THE PROJECT OF THE INFORMATION SYSTEM OF  
SEARCH OF OPTIMAL ROUTES ON GRAPH MODELS**

Pashkovsky M.R., Ph.D. Rudnichenko N.D., Holopotilyuk E.A.....149

**ANALYSIS OF THE SPECIFICITY OF APPLICATION OF  
ASSOCIATIVE AND GENERALIZED LOGICAL RULES**

Unguryan D.Z., Ph.D. Rudnichenko N.D., Ph.D. Kozlov A.Y.....152

**ACREDIT RISK ASSESSMENT DECISION SUPPORT SYSTEM**

Fishchuk D.L., Ph.D. Rudnichenko N.D., Shybaiev D.....154

**APPLICATION OF SOLVING THE PROBLEM OF DYNAMIC SPORT  
DEVELOPMENT SYSTEM**

Chelsov K.I., Ph.D. Rudnichenko N.D., But N.V.....156

**Section 3. Modeling and software engineering**

**RESTORATION OF DISCONTINUOUS FUNCTION OF TWO  
VARIABLES USING BDISCONTINUOUS INTERLINATION SPLINES**

Dr.Sci. Pershyna I.I., Dr.Sci. Meshuyev V.I.....158

**COMPUTATIONAL METHOD FOR DIAGNOSING  
CARDIOVASCULAR DISEASES WITH PRELIMINARY FILTERING  
OF MEASUREMENT ERRORS OF CARDIOGRAM PARAMETERS**

Dr.Sci. Atamanyuk I., Dr.Sci. Shebanin V., Dr.Sci. Kondratenko Y.,

Dr.Sci. Zavhorodnii A., Ph.D. Volosyuk Y., Ph.D. Vlasov O.....161

**NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME  
DELAY NEURAL NETWORK**

Dr.Sci. Verlan A., Dr.Sci. Fomin O., Dr.Sci. Polozhaenko S.....163

**THE PROBLEM OF STABILIZING THE PRODUCTIVITY OF THE  
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE PRODUCTION LINE**

Dr.Sci. Pihnastyi O.M., Ph.D. Ivanovska O.V.....165

**APPLICATION OF SYSTEMS ANALYSIS FOR MONITORING OF  
TOXIC SUBSTANCES IN THE ECOSYSTEM**

Lytvynenko V., Dr.Sci. Dychko A., Dr.Sci. Remez N., Boyko A.....168

<b>THE PROBLEM OF CONTINUING ANALYTICAL FUNCTIONS IN SYSTEM THEORY</b>	
Ph.D. Kosenko S.I.....	170
<b>THE FEATURES OF HUMAN BODY 3D MODELING IN INTERNET COMMERCE</b>	
Litvinov B., Ph.D. Bilova M.....	172
<b>CATTLE IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON DERMATOGLYPHS</b>	
Ph.D. Borodkina I., Borodkin H., Dzhordzhevich O.....	176
<b>LOCAL SEQUENCE METHOD OF FINDING SOLUTION TO TRAVELING SALESMAN PROBLEM</b>	
Dr.Sci. Gritsuk I., Ph.D. Plechysty D., Ph.D. Morozov A., Loktikova T., Valentyna S.....	179
<b>APPLICATION OF FLEXIBLE METHODS FOR TESTING WEB RESOURCES WITH THE INTRODUCTION OF THE FUNCTIONAL C++LANGUAGE</b>	
Ph.D. Shybaieva N., Shybaiev D.....	181
<b>CALCULATION OF INVARIANT MEASURES ON POLYHEDRON MODELS</b>	
Ph.D. Gerasin A.I., Tyapchenko O.M.....	184
<b>MODEL OF CALCULATING AERODYNAMIC FLOW DATA</b>	
Dr.Sci. Malakhov O.V., Malakhova D.O.....	186
<b>OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE TERMINAL COMPLEX OPERATION FOR HANDLING CARGO UNDER UNCERTAINTY AND RISK</b>	
Dr.Sci. Shramenko N., Shramenko V.....	188
<b>AUTOMATIC CONSTRUCTION OF LATTICE SCHEMES OF CUTTING FOR TWO FLAT GEOMETRICAL OBJECT OF DIFFERENT CONFIGURATION EXTERNAL CONTOURS</b>	
Dr.Sci. Chuprynka V., Ph.D. Chuprynka N.....	190
<b>NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME DELAY NEURAL NETWORK</b>	
Dr.Sci. Verlan A., Dr.Sci. Fomin O., Dr.Sci. Polozhaenko S.....	192
<b>CARBON COMPOSITE MATERIAL MARITIME ANTENNAS FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEMS</b>	
Belyaev G.R., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.....	194
<b>MODELING AND VISUALIZATION OF THE FORECAST TRAJECTORY FOR THE RIVER VESSEL OPERATION CONTROL SUPPORT SYSTEM</b>	
Galeev R.E., Dr.Sci. Solovev A.V., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.....	196

**NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR INTELLIGENT VIRTUAL ASSISTANT SYSTEM**

Syromiatnikov M.V., Ph.D., Prof. Ruvinskaya V.M. ....198

**ABOUT THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE THRESHOLD VALUES OF THE CHARACTERISTICS OF STABILITY QUALITIES**

Valyaev A.V., Klyuchev A.G., Ph.D. Lukina E.A., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S..201

**TYPES AND METHODS OF RESEARCH EFFICIENCY ADVERTISING**

Ph.D. Otradska T.V., Otradsky B.O.....203

**MATHEMATICAL MODELING OF THE WATER PURIFICATION PROCESS TAKING INTO ACCOUNT THE INVERSE EFFECTS**

Dr.Sci. Safonyk A., Ph.D. Prysiashniuk O., Ph.D. Zhukovska N. Ilkiv I.

Dr.Sci. Lytvynenko V.....205

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Секция 1 Информационные системы управления**

**METHOD OF JOINT APPLICATION OF A FLYING INFORMATION  
ROBOT AND WIRELESS SENSOR NETWORKS**

**Dr.Sci Tachinina O., Dr.Sci. Lysenko O., Ph.D. Valuiskyi S., Ph.D.  
Alekseeva I., Ph.D. Novikov V.....23**

**ПРОБЛЕМЫ ГЕТЕРОГЕННОЙ СЕТИ**

**Д.т.н. Голоскоков К.П., Коротков В.В.....25**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В РАМКАХ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ  
ERASMUS + BIOART**

**Д.т.н. Тарасов О.Ф., д.т.н. Сагайда П.І., к.т.н. Васильєва Л.В.....27**

**STATE OF MODERN BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION  
TECHNOLOGIE**

**Dr.Sci. Lysytska I., Lysytskyi K. ....29**

**К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВЕ  
ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ**

**Д.т.н. Волошин В. С., д.п.н. Федосова И. В., к.т.н. Мироненко Д. С.....31**

**ПРОБЛЕМЫ АУТСОРСИНГА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ  
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**Кириков А.В., д.т.н. Нырков А.П.....33**

**ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УДАЛЕННОЙ РАБОТЕ В СЕТИ**

**Д.т.н. Лисецкий Ю.М.....36**

**ЗАСТОСУВАННЯ ПОГЛИБЛЕНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ  
ВИРШЕННЯ ЗАВДАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕМАТИЧНОГО  
ТЕКСТОВОГО КОНТЕНТУ**

**К.т.н. Рудниченко Н.Д., д.т.н. Вычужанин В.В., Павлов О.О.,  
д.т.н. Петров І.М. ....38**

**КІБЕРНЕТИЧНИЙ КОСТЮМ ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З ВІРТУАЛЬНОЮ  
РЕАЛЬНІСТЮ**

**К.т.н. Рувінська В.М., к.т.н. Тройніна А.С., Зибін Д.В. ....41**

**КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

**К.ф.-м.н., Шпинарева И.М.<sup>1</sup>, Якушина А.А.<sup>2</sup>.....44**

**ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В СЕТЬ С ВЫСОКОЙ  
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

**К.т.н. Рыхлик Анжей.....48**

---

---

<b>TOWARDS AN APPROACH TO DECENTRALIZED STORAGE AND EXCHANGE OF BUSINESS PROCESS MODELS</b>	
<b>Ph.D. Kopp A. , Ph.D. Orlovskiy D. ....</b>	<b>51</b>
<b>МОДЕЛЬ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕКИ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОЇ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ</b>	
<b>Божаткін С.М., Гусєва-Божаткіна В.А., к.т.н. Фаріонова Т.А., д.т.н. Журавська І.М., Пасюк Б.Б. ....</b>	<b>53</b>
<b>INCREASING ACCURACY OF THE MEASUREMENT OF PROXIMITY BETWEEN OBJECTS WITH INTERVAL ANALYSIS DURING PATTERN RECOGNITION IN ROBOTIC SYSTEMS</b>	
<b>Dr.Sci. Mammadov ....</b>	<b>55</b>
<b>АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПИД-РЕГУЛЯТОРА НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО ФІЛЬТРА С ІСПОЛЬЗОВАННЯМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА</b>	
<b>Петросян Р.В., д.т.н. Пилькевич И.А.,Петросян А.Р., ....</b>	<b>57</b>
<b>РАЗНООБРАЗИЕ И ВИДЫ КИБЕРАТАК НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ</b>	
<b>Алексеев А.Е., Ключникова Д.Д., Дедова Н.А., д.т.н., Соколов С.С. ....</b>	<b>60</b>
<b>ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА АДАПТАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ВИПУСКОВОЇ КАФЕДРИ ДО ВИМОГ РИНКУ ПРАЦІ</b>	
<b>Прилепа Д.В., к.т.н. Шелехов І. В. , ....</b>	<b>66</b>
<b>ПОИСК АНОМАЛИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ</b>	
<b>К.т.н., Рувинская В. М., Девятков В. В., Андросов А. Г. ....</b>	<b>69</b>
<b>ВИКОРИСТАННЯ КРИПТОВАЛЮТНИХ РОЗРАХУНКІВ У СФЕРІ Е-КОМЕРЦІЇ</b>	
<b>Сусленко В.В., д.е.н. Затоначька Т.Г. ....</b>	<b>72</b>
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ З НАДАННЯ ПОСЛУГ АРЕНДИ АВТОМОБІЛЕЙ</b>	
<b>К.т.н., Шпинковський О.А., к.т.н. Шпинковська М.І., Діхтяр Н.С. ....</b>	<b>74</b>
<b>ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ ТА ТЕКСТОВОГО КОНТЕНТУ</b>	
<b>Попроцька-Плачинда Д.І., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Павлов О.О. ....</b>	<b>77</b>
<b>IMPROVED ENCRYPTION BASED ON SMALL REE GROUPS</b>	
<b>Dr.Sci. Gennady Khalimov, Ph.D. Yevgen Kotukh, Svitlana Khalimova Ph.D. Oleksandr Sievierinov Ph.D. Oleksii Liashenko, Oleksandr Marukhnenko ....</b>	<b>79</b>



---

---

**ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОТИПНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

Ph.D. Ухина А.В., д.т.н. Ситников В.С., к.т.н. Стрельцов О.В.,  
к.т.н. Ступень П.В., д.т.н. Кудря В.Г. ....82

**Секция 2. Интеллектуальные системы и анализ данных**

**УПРАВЛЕНИЕ ОБРАБОТКОЙ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ**

Д.т.н. Архипов А.Е., к.т.н. Архипова С.А. ....85

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНОК РИСКА ОТКАЗОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Д.т.н. Вычужанин В.В., Вычужанин А.В. ....87

**НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧКИ РАЗЛАДКИ НА ОСНОВЕ ГИПОТЕЗЫ ХИЛЛА**

Д.ф.м.н. Ключин Д.А., Мартыненко И.А. ....91

**ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ**

Д.т.н. Щербакова Г.Ю., д.т.н. Крилов В.М., Медведенко В.О. ....93

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕРЕЛЕВАНТНИХ ОЗНАК В МАЛИХ ДАНИХ НА БАЗІ КЛАСТЕРНОГО ПІДХОДУ**

Д.т.н. Бармак А. В., д.т.н. Крак Ю. В., к.т.н. Манзюк Е. А.,  
к.т.н. Мазурець О.В., к.е.н Пилип'як О.В. ....96

**МЕТОД ПРОГНОЗА В ЦЕПИ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ ОГРАНИЧЕННОЙ МАШИНЫ БОЛЬЦМАНА С КАСКАДАМИ ЕДИНИЧНЫХ ЗАДЕРЖЕК**

Д.полит.н. Григор О.А., д.т.н. Федоров Е.Е., к.т.н. Нечипоренко О.В.,  
к.т.н. Григорян Н.Б. ....99

**PROTOTYPING SMART HOME FOR DISABLED PEOPLE WITHOUT PHYSICAL MOVEMENT: EEG/MQTT-BASEDBRAIN-TO-THING COMMUNICATION**

Dr.Sci. Zubov D., Dr.Sci. Qureshi M.S., Ph.D. Köse U.,  
Dr.Sci. Kupin A. ....101

**COMPARISON ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PEARSON  $X^2$  COEFFICIENT AND CORRELATION METRIC TO EVALUATE THE GENE EXPRESSION PROFILES PROXIMITY**

Ph.D. Yasinska-Damri L, Ph.D. Liakh I, Dr.Sci. Babichev S.,  
Dr.Sci. Durnyak B. ....103

---

---

**МЕНТАЛЬНО-ФОРМАЛЬНІ РІШЕННЯ МАШИННОГО  
НАВЧАННЯ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ  
ТА МЕДИЦИНИ**

**Д.т.н. Бармак О.В., д.ф.-м.н. Крак Ю.В., к.т.н. Мазурець О.В.,  
к.т.н. Манзюк Е.А. ....105**

**OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR CONDITIONS OF  
BENEFICIATION TECHNOLOGY THROUGH INTELLECTUAL  
CLASSIFICATION**

**Dr.Sci.Kupin A., Dr.Sci. Zubov D., Ph.D. Osadchuk Y., Ivchenko R.,  
Gradovoy O. ....107**

**ПРОБЛЕМА ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ В АРИФМЕТИЧНИХ  
КОМПОНЕНТАХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

**Д.т.н. Дрозд О.В., Боговик О.С., Горячко М.С., Довгань Я.О.,  
Мовсесян А.М. ....109**

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ  
ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**Д.т.н. Бурлов В.Г., Маньков В.Д., Полюхович М.А. ....112**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВОГО  
СТАНУ КОМПАНІЇ НА СТРАТЕГІЧНОМУ ПЕРІОДІ З  
ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО  
ІНТЕЛЕКТУ**

**Д.т.н. Москаленко В. В., к.т.н. Фонта Н. Г. ....114**

**WEB STRUCTURE MINING: МЕТОД ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ  
ДАНИХ В ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ СЕМАНТИЧНОЇ ПОДІБНОСТІ  
ЕЛЕМЕНТІВ ВЕБ-СТОРИНКИ**

**К.т.н. Єгошина Г.А., к.т.н. Вороной С.М., Северин М.В. ....116**

**NEURAL NETWORKS FOR THE CONFORMITY OF SOFTWARE  
TESTING RESULTS TO THE DECLARED REQUIREMENTS**

**Shepeliev O., Ph.D. Bilova M. ....120**

**ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
РАСТВОРОВ.**

**К.т.н. Гришин С.И., д.т.н. Шинкевич Е.С., Лисицына И.Н. ....121**

**DIAGNOSING CORONAVIRUS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

**Dr.Sci. Mammadov R.G., Ph.D. Rahimova E.G., Aliyeva S.Y. ....123**

---

---

**РОЗРОБКА ВЕБ-СЕРВІСУ ПО СЕМАНТИЧНОМУ АНАЛІЗУ  
ТЕКСТУ ТА РЕФЕРУВАННЮ**

Леонтьев К.О., к.т.н. Рудніченко М.Д., Гежа М.І. ....126

**МЕТОДОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ  
ІНТЕГРАЦІЇ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІСРАРХІЙ, АНАЛІТИЧНИХ  
МЕРЕЖ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА ГРАФАХ**

К.ф.-м.н. Нетесін І.Є., к.т.н. Поліщук В.Б., д.т.н. Нестеренко О.В. ....128

**DEVELOPMENT OF A NEURO-FUZZY INTELLIGENT NETWORK  
FOR MONITORING AND CONTROL OF MICROCLIMATE SYSTEMS**

Dr.Sci.prof., Mikhailov S.A., Ph.D. Kharchenko R.Yu. ....130

**ВОЗМОЖНОСТИ ИОТ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Ключникова Д.Д., Алексеенков А.Е., к.т.н. Ли И. В. ....132

**СИНТЕЗ ІНТЕГРАЛЬНОГО СИГНАЛА ДЛЯ  
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ**

д.т.н. Филатова А.Е., д.т.н. Поворознюк А.И. ....136

**АНАЛІЗ ОСНОВНИХ АЛГОРИТМІВ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОЇ  
ІМУННОЇ СИСТЕМИ**

Гільмйяров В.О., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Плотніков М.С. ....139

**АНАЛІЗ ВИДАЧІ КРЕДИТІВ БАНКАМИ РІЗНИМ КЛІЄНТАМ ЗА  
ДОМОГОЮ СКОРІНГОВОЇ СИСТЕМИ**

Колодич І.Ю., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Бут Н.В. ....141

**РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПОШУКУ  
АНОМАЛІЙ ПРИ ТЕСТУВАННІ ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМ**

Крамаренко Д.О., к.т.н. Рудніченко М.Д., Шибасєва Н.О. ....143

**АНАЛІЗ СПЕЦИФІКИ ФУНКЦІОНАЛУ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМИ ВИРІШЕННЯ ТУРИСТИЧНИХ  
ЗАВДАНЬ**

Мельник Б.О., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Ткачук І.В. ....146

**КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ  
ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ НА ГРАФОВИХ МОДЕЛЯХ**

Пашковський М.Р., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Голопотилуок Є.А. ....149

**АНАЛІЗ СПЕЦИФІКИ ЗАСТОСУВАННЯ АСОЦІАТИВНИХ ТА  
УЗАГАЛЬНЕНИХ ЛОГІЧНИХ ПРАВИЛ**

Унгурия Д.З., к.т.н. Рудниченко Н.Д., к.т.н. Козлов А.Ю. ....152

**ПРОЕКТ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОЦІНКИ  
КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ**

Фішук Д. Л., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Шибасєв Д.С. ....154

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ВИРШЕННЯ  
ЗАВДАННЯ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО СПОРТИВНОГО  
РОЗВИТКУ**

**Чельцов К.І., к.т.н. Рудниченко Н.Д., Бут Н.В. ....156**

**Секція 3. Моделирование и разработка программ**

**RESTORATION OF DISCONTINUOUS FUNCTION OF TWO  
VARIABLES USING BDISCONTINUOUS INTERLINATION SPLINES**

**Dr.Sci. Pershyna I.I., Dr.Sci. Meshuyev V.I. ....158**

**ОБЧИСЛОВАЛЬНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ  
ЗАХВОРЮВАНЬ З ПОПЕРЕДНЬОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ПОХИБОК  
ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КАРДІОГРАМИ**

**Д.т.н. Атаманюк І.П., д.т.н. Шебанін В.С., д.т.н. Кондратенко Ю.П.,  
д.ф.-м.н. Завгородній А.В., к.т.н. Волосюк Ю.В.,  
к.ф.-м.н. Власов О.І. ....161**

**NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME  
DELAY NEURAL NETWORK**

**Dr.Sci. Verlan A., Dr.Sci. Fomin O., Dr.Sci. Polozhaenko S. ....163**

**THE PROBLEM OF STABILIZING THE PRODUCTIVITY OF THE  
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE PRODUCTION LINE**

**Dr.Sci. Pihnastyi O.M., Ph.D. Ivanovska O.V. ....165**

**ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ  
ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В ЕКОСИСТЕМІ**

**Литвиненко В. А., д.т.н. Дрчко А. О., д.т.н. Ремез Н. С., Бойко А. Г. ....168**

**ПРОБЛЕМА ПРОДОЛЖЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В  
ТЕОРИИ СИСТЕМ**

**К.ф.-м.н. Косенко С.И. ....170**

**THE FEATURES OF HUMAN BODY 3D MODELING IN INTERNET  
COMMERCE**

**Litvinov V., Ph.D. Bilova M. ....172**

**СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ НА  
ОСНОВІ ДЕРМАТОГЛІФІКИ**

**К.т.н. Бородкіна І.Л., Бородкін Г.О., Джорджевіч О. ....176**

**МЕТОД ЛОКАЛЬНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ  
КОМІВОЯЖЕРА**

**Д.т.н. Грицюк І.В., к.т.н. Плечистий Д.Д., к.т.н. Морозов А.В.,  
Локтікова Т.М., Шадура В.А. ....179**

**ЗАСТОСУВАННЯ ГНУЧКИХ МЕТОДІВ ТЕСТУВАННЯ WEB-РЕСУ-  
РСІВ ІЗ ЗАПРОВАДЖЕННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОВИ C++**

**К.т.н. Шибасва Н.О., Шибасв Д.С. ....181**

---

<b>РОЗРАХУНОК ІНВАРІАНТНИХ МІР НА МОДЕЛЯХ БАГАТОГРАННИКІВ</b>	
<b>К.ф.-м.н Герасін О.І., Тяпченко О.М.</b> .....	184
<b>МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКОВИХ ДАНИХ</b>	
<b>Д.ф.-м.н. Малахов О.В., Малахова Д.О.</b> .....	186
<b>OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE TERMINAL COMPLEX OPERATION FOR HANDLING CARGO UNDER UNCERTAINTY AND RISK</b>	
<b>Dr.Sci. Shramenko N., Shramenko V.</b> .....	188
<b>АВТОМАТИЧНА ПОБУДОВА РЕШІТЧАСТИХ СХЕМ РОЗКРОЮ ДЛЯ ДВОХ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ РІЗНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО КОНТУРУ</b>	
<b>Д.т.н. Чупринка В.І., к.т.н. Чупринка Н.В.</b> .....	190
<b>NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME DELAY NEURAL NETWORK</b>	
<b>Dr.Sci. Verlan A., Dr.Sci. Fomin O., Dr.Sci. Polozhaenko S.</b> .....	192
<b>CARBON COMPOSITE MATERIAL MARITIME ANTENNAS FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEMS</b>	
<b>Belyaev G.R., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.</b> .....	194
<b>MODELING AND VISUALIZATION OF THE FORECAST TRAJECTORY FOR THE RIVER VESSEL OPERATION CONTROL SUPPORT SYSTEM</b>	
<b>Galeev R.E., Dr.Sci. Solovov A.V., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.</b> .....	196
<b>NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR INTELLIGENT VIRTUAL ASSISTANT SYSTEM</b>	
<b>Syromiatnikov M.V., Ph.D., Prof. Ruvinskaya V.M.</b> .....	198
<b>ABOUT THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE THRESHOLD VALUES OF THE CHARACTERISTICS OF STABILITY QUALITIES</b>	
<b>Valyaev A.V., Klyuchev A.G., Ph.D. Lukina E.A., Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.</b> .....	201
<b>АНАЛІЗ ВИДІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМИ</b>	
<b>К.т.н. Отрадська Т.В., Отрадський Б.О.</b> .....	203
<b>MATHEMATICAL MODELING OF THE WATER PURIFICATION PROCESS TAKING INTO ACCOUNT THE INVERSE EFFECTS</b>	
<b>Dr.Sci. Safonyk A., Ph.D. Prysiazhniuk O., Ph.D. Zhukovska N., Plkiv I. Dr.Sci. Lytvynenko V.</b> .....	205

**Секція 1 Інформаційні системи управління**

UDC 621.396.4 (045)

**METHOD OF JOINT APPLICATION OF A FLYING INFORMATION  
ROBOT AND WIRELESS SENSOR NETWORKS**

**Dr.Sci. Tachinina O.** <sup>1[0000-0001-7081-0576]</sup>, **Dr.Sci. Lysenko O.** <sup>2[0000-0002-7276-9279]</sup>,

**Ph.D. Valuiskyi S.** <sup>3[0000-0002-2878-6514]</sup>, **Ph.D. Alekseeva I.** <sup>4[0000-0002-2878-6514]</sup>,

**Ph.D. Novikov V.** <sup>5[0000-0003-4199-9968]</sup>,

*E-mail:* <sup>1</sup>(corresp.) tachinina5@gmail.com, <sup>2</sup>lysenko.a.i.1952@gmail.com,  
<sup>3</sup>valuiskyi.stanislav@iit.kpi.ua, <sup>4</sup>alexir1@ukr.net, <sup>5</sup>novikov1967@ukr.net

**Annotation.** The article describes the method of operational calculation of intermediate points coordinates for the route of flying information robot, which collects information from mobile sensors of the ground mobile wireless sensor network.

**Keywords:** flying information robot, unmanned aerial vehicle, wireless sensor network.

Flying Information Robot (FIR) is an unmanned aerial vehicle (UAV), which is designed to perform information and telecommunication operations.

Depending on the composition of the onboard equipment, the FIR performs the functions of: a flying multi-sensor; storage device; repeater; controller. At the same time, FIR is designed to maintain information interaction of the control center with stationary and mobile subscribers or sensors. The most successful FIR application is in combination with wireless sensor networks (WSN), both stationary wireless sensor networks (SWSN) and mobile wireless sensor network (MWSN) [1].

Mobile wireless sensor network are indispensable in the conditions of absent or destroyed ground infrastructure (regions with difficult terrain or affected by natural disasters or man-made disasters).

Typically, MWSN is quickly deployed to organize information interaction between personnel of search and rescue units and (or) law enforcement services. MWSN are wireless local area networks in which nodes (mobile sensors) have the same status (peer-to-peer) and can interact with each other directly in the radio visibility area, or with relaying messages through other nodes, thus forming multi hop networks of arbitrary structure [1] (Fig. 1).

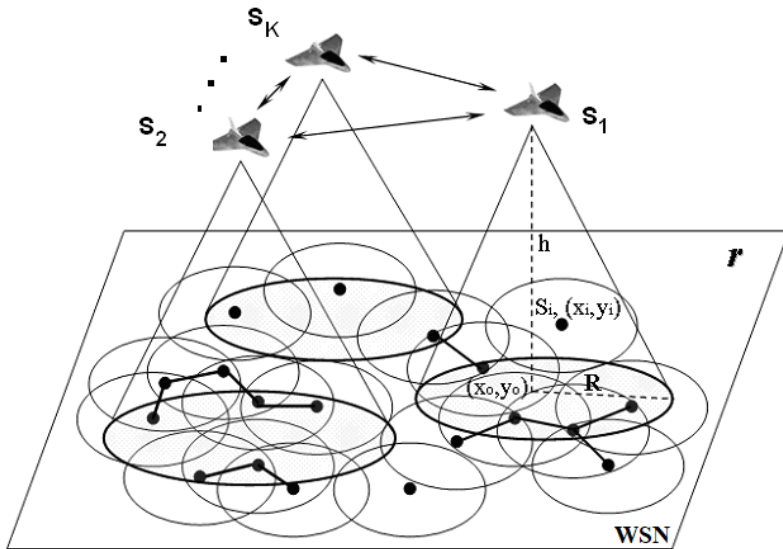


Fig. 1. An example of a hypothetical trajectory of a flying information robot, providing the minimum time for collecting information from mobile sensors:  
 $S_1, S_2, \dots, S_k$  – intermediate points of the FIR route

The time for collecting information from the mobile sensor (MS) using the FIR consists of the time of its movement between the intermediate points of the route and the delay time at the intermediate points of the route for reading information from the MS. We assume that information is read using 5G technology. Then the time of information reading can be neglected in comparison with the time of mechanical movement of the FIR from one intermediate point of the route to another. Considering that the FIR moves between the intermediate points of the route at the maximum speed, it can be concluded that the best location of the intermediate points of the route will be one that ensures cluster connectivity of the MS and the minimum total distance between these points (Fig. 1).

Currently, trivial methods of collecting information from stationary sensor networks using one or several telecommunication air platforms are known. These methods are based on ensuring the connectivity of the disconnected areas of stationary ground nodes, when the entire stationary network is a single cluster [2], or on increasing the connectivity of the ground network. However, no one has yet considered methods of collecting information from MWSN in conditions

of cluster connectivity and using one FIR according to the criterion of minimizing the time of flying around all intermediate points of the route (information collection points).

The purpose of this article is development of a method for the operational calculation of coordinates of intermediate points of the route of movement of a FIR. Knowing these points of the route will make it possible to construct a FIR trajectory that minimizes the time for collecting information from mobile sensors.

### References

1. Lysenko O. Romaniuk A. Zhuk O. Romaniuk, V. Increasing the efficiency of data gathering in clustered wireless sensor networks using UAV. Information and telecommunication sciences, 2020. –vol.1.– P.102 – 107.
2. Huseyin Okcu, Mujdat Soyturk. Distributed clustering approach for uav integrated wireless sensor networks. International journal of ad hoc and ubiquitous computing, 2014–vol.15.–P.106 –120.

УДК 004.05

### ПРОБЛЕМЫ ГЕТЕРОГЕННОЙ СЕТИ

Д.т.н Голоскоков К.П. [0000-0001-7648-5321], Коротков В.В. [0000-0001-9170-406X]

E-mail: kpg777@rambler.ru, korotkovvv@gumrf.ru

### HETEROGENEOUS NETWORK PROBLEMS

Dr.Sci. Goloskokov K., Korotkov V.

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы гетерогенной сети при проектировании, связанные с информационной безопасностью ее преимущества, недостатки, возможности применения.

**Ключевые слова:** гетерогенная сеть, информационная безопасность, протоколы, сервисы.

**Abstract.** The problems of a heterogeneous network in the design, related to information security, its advantages, disadvantages, and application possibilities are considered.

**Keywords:** heterogeneous network, information security, protocols, services.



Термин «гетерогенная сеть» может определяться или приниматься во внимание с разных точек зрения. Это может означать объединенную сеть, которая не является однородной с точки зрения различных технологий, используемых в ней, или даже с точки зрения разных поставщиков, которые заботятся о различных частях или услугах (например, услугах WAN) в ней.

Тем не менее, наиболее распространенное определение, заключается в том, что «сеть, состоящая из широкого диапазона типов устройств, от устаревших устройств, которые ограничены в мощности процессора или услуг, они могут предоставить современным устройствам новые услуги, включая безопасные протоколы и механизмы».

Проектирование или улучшение гетерогенной сети может быть довольно сложной задачей по многим причинам.

Тот факт, что общее решение не может быть применено ко всей объединенной сети, делает невозможным наличие всеобъемлющего или, лучше сказать, однородного решения, которое можно было бы применять во всей сети.

Примером этого является то, что, например, в современной сети, где все сетевые устройства, маршрутизаторы, хосты, серверы могут поддерживать безопасную версию протокола управления сетью, такую как SNMPv3, вполне понятно, что применение политики безопасности во всей сети, требует, чтобы все устройства управлялись только через этот протокол, в значительной степени удовлетворяет требованиям безопасности.

Такое проектное решение просто невозможно, если речь идет о гетерогенной сети.

Говоря более конкретно, объединенная сеть состоит из различных VCS, и в каждой VCS есть ряд унаследованных систем, внутренних сервисов и протоколов.

Электронные сервисы на основе IP, дисплеи на основе IP и некоторые специальные службы для управления коммутационным щитом, такие как OPC, который представляет собой очень простую услугу сервер-клиент - вот лишь некоторые из них.

Более того, сеть расширилась менее чем за десять лет благодаря быстрому росту ИТ-индустрии и разнообразию моделей устройств, а также их возможностей как по мощности, так и по протоколам, которые они могут поддерживать, или по услугам, которые они могут предоставить.

Все эти факты побуждают проектировщика сосредоточиться на применении дизайна сетевой инфраструктуры, чтобы обеспечить

максимальную безопасность таким образом, чтобы сетевая инфраструктура и схемы сетевой маршрутизации максимально защищали сетевой поток данных от возможных сетевых угроз.

Это именно то, что предполагается сделать, обеспечивая безопасность на уровне сети и маршрутизации, чтобы максимально защитить поток данных на этом уровне с учетом технических ограничений существующей сети.

Но прежде, чем достигнуть решения, должно быть понимание и анализ угроз безопасности в существующей сети.

УДК 004.9:001.6

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В РАМКАХ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ  
ERASMUS + BIOART**

**Д.т.н. Тарасов О.Ф.** <sup>[0000-0002-0493-1529]</sup>, **д.т.н. Сагайда П.І.** <sup>[0000-0002-4700-8160]</sup>,

**к.т.н. Васильєва Л.В.** <sup>[0000-0002-9277-1560]</sup>

*E-mail: kit@dgma.donetsk.ua*

**IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE  
EDUCATIONAL PROCESS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE  
ERASMUS + BIOART PROJECT**

**Dr.Sci. Tarasov O., Dr.Sci. Sahaida P.,**

**Ph.D. Vasylieva L**

**Анотація.** В рамках проєкту Erasmus + «BIOART» створені освітньо-професійні програми для бакалаврів та магістрів спеціальності "Комп'ютерні науки". Розроблений зміст і структура компетентностей студентів ІТ-спеціальностей в сфері біоінженерії, необхідне технічне, програмне і методичне забезпечення навчального процесу. Проведене пілотне навчання і визначені напрямки наукових досліджень.

**Ключові слова:** компетентності, ІТ-спеціальності, біоінженерія, медицина.

**Abstract.** Within the framework of the Erasmus + "BIOART" project, educational and professional programs for bachelors and masters of the specialty "Computer Science" have been created. The content and structure of competencies of students of IT specialties in the field of bioengineering are

developed. The necessary technical, software and methodological support of the educational process has been created. Pilot training was carried out and directions of scientific research were determined.

**Keywords:** competencies, IT specialties, bioengineering, medicine.

Міжнародне співробітництво є важливою складовою інтеграції системи вищої освіти країни у світовий освітній простір.

На кафедрі комп'ютерних інформаційних технологій ДДМА з 2017 року виконується проєкт Erasmus + «BIOART», присвячений створенню освітніх програм (ОПП) у галузі застосування інформаційних технологій в медицині. У 2019-2020 навчальному році почалося пілотне навчання студентів за ОПП "Комп'ютерні науки в медицині" для бакалаврів та "Комп'ютерні науки в техніці, бізнесі та медицині" для магістрів. У наступному році проєкт «BIOART» і навчання студентів продовжено.

В процесі роботи проведені наукові дослідження у кількох напрямках.

1 Розробка змісту і структури компетентностей студентів IT-спеціальностей в сфері біоінженерії. Виконана розробка структури компетентностей студентів, які увійшли до освітньо-професійних програм підготовки студентів на кафедрі КІТ. Зміст і структура компетентностей детально викладена в міжнародній публікації по результатам виконання проєкту «BIOART» [1].

2 Автоматизація процесу проектування імплантів з титану та оснащення для підвищення якості структури матеріалів. Теоретичні та практичні дослідження стосувалися використання інформаційних технологій в конструюванні і виробництві імплантів [2, 3] та сучасних технологій прототипування біомедичних систем на прикладах протезів та засобів контролю медичних параметрів людини [4]. Ці дослідження проводились разом з АТ «Мотор Січ» на основі договору про співпрацю.

3 Підвищення якості інформаційного забезпечення дисциплін на основі автоматизації оцінки релевантності наукових публікацій. Виконано аналіз методів автоматизованої оцінки релевантності публікацій при виконанні пошукових запитів. Розроблено математичну модель із застосуванням двох методів оцінки релевантності та метод їх комбінованого застосування. Реалізовано програмний комплекс для автоматизованої оцінки релевантності на основі цих моделей.

4 Удосконалення технічного і методичного забезпечення дисциплін. У 2018-2021 роках на кафедрі виконувались роботи з удосконалення технічного і методичного забезпечення дисциплін, які розроблені в рамках проєкту «BIOART». Створені лабораторії біомеханіки і біоелектроніки,

студія запису лекцій для дистанційного навчання, які оснащені сучасним автоматизованим обладнанням та програмним забезпеченням, що дозволяє студентам отримати необхідні компетентності. Вдосконалюється також практика студентів в медичних закладах.

### Литература

1. Teaching and subjects on bio-medical engineering (TSBME). Approaches and experiences from the BIOART-project. Leuven, 2021, pp.53-72.

2. Тарасов О., Алтухов О., Васильєва Л., Касьянюк О. Автоматизація процесу проектування імплантів з листового титану та оснащення для їх виготовлення // II Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021”. – Вінниця: ВНТУ, 2021. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/pmrt2021/schedConf/presentations>

3. TSBME. Approaches and experiences from the BIOART-project. 2021, pp.458-480.

4. TSBME. Approaches and experiences from the BIOART-project. 2021, pp.233-254.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

комісії.

*Публікація здійснюється в рамках  
и Erasmus+, що фінансується  
и даної публікації є предметом  
іображає точку зору Європейської*

UDC 621.3.06

## STATE OF MODERN BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION TECHNOLOGIE

Dr.Sci. Lysytska I. <sup>[0000 0001 6758 9516]</sup>, Lysytskyi K. <sup>[0000 0002 7772 3376]</sup>

*E-mail: lisitskaiv@ukr.net*

**Abstract.** The current stage of development of information protection technologies is considered. It is emphasized that today information security technologies are entering the era of quantum cryptography, which forces us to reconsider many aspects of ensuring reliable protection of communication and control systems.

**Keywords:** information protection technologies, quantum cryptography

The recently proposed new designs of block symmetric ciphers called "ciphers with controlled substitutions" (SHUP) are briefly described. It is argued that these ciphers can be considered as a further development of block symmetric encryption technologies. Information on the features of the current stage of development of cryptography focused on the emergence of quantum computers. The results of the analysis of possibilities of application of symmetric cryptography in the postquantum world are given. It is concluded that block symmetric ciphers retain their relevance and prospects for widespread use in current and future information security technologies. It is noted that the proposed solution for the construction of the code SHUP has improved rates of arrival to a state of random substitution. In the introduction it is noted that the development of block encryption technologies is especially relevant for technologically advanced countries, including Ukraine.

The literature review (Section 1) first provides a general description of the current stage of development of information security technologies in Ukraine. The following is information about modern methods of designing BSC. In particular, the work [1] is recalled, which presents an overview of the principles of construction of modern ciphers.

Section 2 presents the results of the analysis of the best design solutions for the construction of BSC. Finally, the section discusses another development of recent years, which can be attributed to the promising, which is set out in the patent [2], obtained in 2015. This proposal is presented as "a new concept for constructing block symmetric ciphers" [1]. Ciphers of this design are called "ciphers with controlled substitutions" (SUP).

In the third section features of a modern stage of development of cryptography (cryptography of the postquantum period) are considered.

The fourth section provides information on the results of the analysis of the possibilities of using symmetric cryptography in the post-quantum world.

It is also noted that the issue of increasing the speed of encryption algorithms becomes relevant for the post-quantum period of cryptography development,

In conclusion, the advantages of SHUP series ciphers are noted.

Conclusions (two out of five):

1. Among the scientific problems that need to be solved, the task of developing methods and means of constructing block symmetric ciphers with increased stability and speed is relevant.

2. The proposed solution for the construction of cipher SHUP is one of the promising areas for improving the technology of block symmetric encryption.

## References

1. Dolgov V. I., Lisitska I. V., Lisitskiy K. Ye. The new concept of block symmetric ciphers design. Telecommunications and Radio Engineering. 2017. Vol. 76, № 2. P. 157–184.

2. Method of cryptographic conversion of binary data (versions) Patent for invention № 119097 Ukraine. 201 a 201708383; declared 14.08. 2017. publ. April 25, 2019, Bull. № 8. 8 p.

УДК 004.056

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВЕ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ

Д.т.н. Волошин В. С. [0000-0002-8423-2663], д.п.н. Федосова И. В. [0000-0003-3923-  
E-mail: SlavaSV52@outlook.com, irivasilevna1964@gmail.com,  
mironenko\_ds@ukr.net

## ON THE PROBLEM OF INFORMATION EFFICIENCY AND QUALITY ON THE INTERNET

Dr.Sci. Voloshyn V.S., Dr.Ed. Fedosova I.V., Ph.D. Mironenko D.S.

**Аннотация.** В работе исследуется объективность и достоверность информации, размещаемой в интернете, которые сопоставляются с поведением самой системы. Опираясь на закон Шеннона о связи информации с энтропией, как мерой организованности системы, рассмотрено понятие информационного беспорядка, отражающего рост энтропии в такой системе. Представлена графическая интерпретация разноразмерных событий феноменологическими кривыми Ларса Онсагера. Описан параметр, который должен отличать полезную информацию от бесполезной, искаженной. Проведен анализ экспертного оценивания реакцией отдельных групп пользователей интернета на появление искаженной или недостоверной информации.

**Ключевые слова:** глобальное информационное пространство, недостоверная информация, экспертное оценивание, энтропия.

**Abstract.** The work deals with the analysis of reliability and objectivity of information that can be found on the Internet, which are compared with the behavior of the system itself. On the basis of Shannon's law of connection

between information and entropy, as the measure of system's organization the notion of information chaos is analyzed, it illustrating growth of entropy in such system. The work contains a graphical interpretation of various events with Lars Onsager's curves. Described is the parameter which has to discern authentic useful information available for analyzing and obtaining new knowledge from false and biased. The analysis of expert assessment of the reaction of certain groups of Internet users to the appearance of distorted or unreliable information is carried out.

**Keywords:** global information space, false information, experts' evaluation, entropy, reliability, objectivity.

Объективности и достоверности информации, размещаемой в интернете и вне его, всегда уделялось достаточно внимания в научных и других публикациях [1], однако при этом крайне мало данных, относительно сопоставления объективности и достоверности информации с поведением самой системы. В объеме «цифровой вселенной» предлагается считать качественной ту информацию, которая способна давать возможность ее применения к аналитической обработке, к появлению новых знаний и которая способствует росту организованности системы. Уровень организованности системы определяется изменением ее энтропии. Если *отсутствие роста энтропии* от начального состояния  $H_0$  к некоторому последующему  $H_1$ , в результате появления информации  $I_1$ , сопоставимо с выражением  $-I_1 = H_1 - H_0 \leq 0$ , то имеет право на существование и противоположная логика: с появлением искаженной информации (дезинформации, ложной информации, бесполезной для системы)  $I'_1$  имеет место рост энтропии так, что  $-I'_1 = H'_1 - H_0 > 0$ . В теории информации энтропия характеризует неопределенность, связанную с отсутствием информации о состоянии системы. Недостоверная информация увеличивает эту неопределенность в строгом соответствии с логикой Шеннона, поэтому приводит к росту энтропии системы. К. Шеннон показывает, что мера энтропии это один из факторов неуверенности в достоверности информации  $\Delta H \sim -(I_{доct} - I_0) > 0$  [2]. Она соотносится с разницей двух видов информации: общей суммы информации о событии ( $I_0$ ) и той ее части ( $I_{доct}$ ), которая не вызывает сомнения (точно известна и является достоверной). То есть, рост энтропии системы соотносится с

недостовірної інформації, которая требует перепроверки. Недостовірная інформація в інтернеті во всіх її численних проявленнях складає велику частину інформації і вже сьогодні, не просто наносить шкоду суспільству, а стає перешкодою для подальшого розвитку інформаційного простору.

Об этом свидетельствуют объективные энтропийные процессы, связанные с информационными потоками различного качества, присутствующие в интернете, а также, результаты социологических опросов в среде пользователей различных групп.

Пока общество не изобрело способов обеспечения достоверности для глобального информационного пространства, но рано или поздно решение проблемы искажения и недостоверности информации должно быть найдено, в том числе, и с помощью критериев организованности информационных систем.

### Литература

1. Михеев Е. А., Нестик Т. А. Дезинформация в социальных сетях: состояние и перспективы психологических исследований.//Социальная психология и общество. 2018. Т. 9, №2, С. 5-20
2. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication//Bell System Technical Journal (англ.) — 1948. — July (т. 27, № 3). — С. 419.

УДК 004.056

**ПРОБЛЕМЫ АУТСОРСИНГА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ  
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**  
Кириков А.В. <sup>1</sup>[0000-0002-0838-645X], д.т.н. Нырклов А.П. <sup>2</sup>[0000-0002-9803-6284]  
E-mail: <sup>1</sup> tony-68@yandex.ru, <sup>2</sup> apnyrkow@mail.ru

**PROBLEMS OF OUTSOURCING TO ENSURE INFORMATION  
SECURITY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS**  
Kirikov A., Dr.Sci. Nyrkov A.

**Аннотація.** Розглянуті проблемні питання, що виникають в разі передачі функцій забезпечення інформаційної безпеки зовнішньому виконавцю.



**Ключевые слова:** безопасность информации; менеджмент безопасности; аутсорсинг; критическая информационная инфраструктура; транспортные объекты.

**Abstract.** The problematic issues that arise in the case of transferring the functions of ensuring information security of transport enterprises to an external contractor are considered.

**Keywords:** information security; security management; outsourcing; critical information infrastructure; transport facilities.

«Аутсорсинг» - передача организацией на основании договора определённых видов или функций производственной (предпринимательской) деятельности другой компании, действующей в нужной области.

Исходя из существующего уровня угроз, современные системы информационной безопасности (ИБ) реализуют принцип «defense-in-depth», или «многослоной» защиты. Они включают подсистемы сетевой безопасности (часто гетерогенные с позиций используемого оборудования), антивирусные подсистемы, подсистемы строгой аутентификации, резервного копирования, мониторинга и др. Их создание и поддержка требуют приобретения довольно дорогих программно-аппаратных комплексов и привлечения высококвалифицированных специалистов.

В связи со сложностью решаемых при обеспечении ИБ задач, уже сложилась практика передачи данных функций внешним исполнителям. Принципы аутсорсинга информационной безопасности можно найти в стандартах по управлению ИБ, например, в ISO 27001:2013; ISO 13335-3; NIST SP800-35 Guide to Information Technology Security Services или в Cobit 4.0 и 5.0.

Несколько лет назад в публикациях встречались мнения, что «в крупных компаниях, имеющих большой штат ИТ-департамента, проблема подбора высококлассных специалистов не стоит так остро, как в организациях среднего и малого бизнеса». Вместе с тем, тот же самый автор указывает на то, что «большая инертность крупного бизнеса не позволяет быстро реагировать на новые угрозы и нанимать нужных специалистов».

Проблемы с укомплектованием штата подразделений ИБ характерны уже не только для частных, но и для государственных предприятий, в том числе отнесенных законодателем к субъектам критической

информационной инфраструктуры. К таковым относятся и предприятия транспорта.

Но и на этом проблемы не заканчиваются. Зачастую руководство даже государственных предприятий откровенно экономит на содержании подразделений ИБ, либо старается не замечать новых угроз, связанных, в частности, с обеспечением безопасности критической информационной инфраструктуры, что актуально для предприятий транспорта в том числе.

Анализ рынка аутсорсинга информационной безопасности позволяет рассортировать список услуг по обеспечению ИБ:

1. Направленность на аппаратное и программное обеспечение – управление продуктами сетевой безопасности и продуктами прикладной защиты – использование брандмауэров и межсетевых экранов, антивирусной защиты, VPN, систем обнаружения вторжений (СОВ) и т.д.

2. Направленность на «человеческий» фактор – предоставление «непродуктовых» услуг и скорее консалтинга, чем продуктов – защищенных инфраструктур (ЦОД, SOC, облачные сервисы), систем мониторинга событий и управления инцидентами ИБ, обеспечение безопасного использования пользователями одинаковых плагинов, безопасного использования мобильных приложений и т.д.

Проблемные вопросы, возникающие при аутсорсинге:

1. Цена вопроса. 2. Реальная экономия. 3. Проблема выбора аутсорсера с точки зрения ИБ, какие факторы необходимо принять во внимание. 4. Вопрос защиты данных. 5. Управление уязвимостями. 6. Управление идентификацией. 7. Организация объектовой охраны и персонала. 8. Обеспечение доступности ваших данных аутсорсером. 9. Обеспечение безопасности приложений. 10. Управление инцидентами. 11. Обеспечение конфиденциальности вашей информации. 12. Обеспечение непрерывности производственных процессов (бизнес-процессов). 13. Регистрация событий и инцидентов ИБ. 14. Ответственность и гарантии. 15. Финансовые гарантии – какая компенсация подразумевается в случае инцидента ИБ или нарушения SLA. 16. Вопросы обеспечения интеллектуальной собственности вашего предприятия. 17. Обеспечение безопасности информации при завершении контракта.

Вышеуказанные показатели рисков при аутсорсинге ИБ являются глобальными, т.е. общемировыми. Но аутсорсинг ИБ в России имеет еще и дополнительные особенности, например, качество каналов связи: хорошая связь обычно есть в крупных городах; может ли аутсорсер оперативно выехать на место нарушения за несколько сотен или тысяч километров.

УДК 004.056.5

**ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УДАЛЕННОЙ РАБОТЕ В СЕТИ**

Д.т.н. Лисецкий Ю.М. [0000-0002-5080-1856]

E-mail: [Yurii.Lysetskyi@snt.ua](mailto:Yurii.Lysetskyi@snt.ua)

**PECULIARITIES OF ENSURING NETWORK SECURITY DURING  
REMOTE WORK**

**Dr.Sci. Lysetskyi Y.M.**

**Аннотация.** Пандемия и карантин резко увеличили количество удаленных пользователей, что в свою очередь вызвало потребность в их строгой многофакторной аутентификации для исключения доступа неавторизованных лиц к конфиденциальной информации. Эту проблему можно решить с помощью систем DLP, MDM, PAM.

**Ключевые слова:** удаленный доступ, аутентификация, информационная безопасность, шифрование.

**Abstract.** Pandemic and subsequent quarantine have sharply increased number of remote users worldwide, which in turn, required their strict multifactor authentication to eliminate possibility of unauthorized access to confidential information. This issue can be addressed with DLP, MDM and PAM systems.

**Keywords:** remote access, authentication, information security, encryption

В условиях пандемии подавляющее количество организаций, вынуждены были перевести сотрудников на удаленную работу, что повлекло за собой изменения в использовании информационных ресурсов, ИТ-инфраструктуры, увеличение нагрузки на фаерволы, сетевое оборудование и сервера, обрабатывающие внешние подключения. Компании, которые до начала введения карантина не публиковали свои информационные сервисы в Интернете и обрабатывали бизнес информацию исключительно в локальной вычислительной сети, теперь вынуждены предоставлять доступ к своим внутренним информационным ресурсам сотрудникам, которые в данный момент работают удалённо.

С одной стороны, возможность удалённой работы стала панацеей в условиях карантина, а с другой - увеличила количество векторов атаки на корпоративные ресурсы.

В этих условиях возросла потребность в строгой многофакторной аутентификации удалённых пользователей, для исключения получения доступа к конфиденциальной информации неавторизованными сторонними лицами.

В качестве факторов аутентификации пользователя могут использоваться ключи-токены, смарт-карты, сертификаты, записанные на носители, биометрика, привязанная к конкретным пользователям, программно-генерируемые одноразовые ключи и т.д.

Защиту корпоративных ресурсов можно обеспечить мультифакторной аутентификацией с использованием ESET Secure Authentication или One Identity Defender. Однако, даже при соблюдении строгой мультифакторной аутентификации пользователя все равно остаётся потребность в контроле использования пользователями конфиденциальной информации. Это возможно с помощью решений DLP, MDM и PAM [1–3]. Крупные компании рекомендуются использовать продукты совмещающие в себе функционал HostDLP и NetworkDLP, такие как DigitalGuardian DLP, McAfee DLP, Symantec DLP.

Средним – EndpointProtector от компании CoSoSys, Safetica DLP, представленный компанией ESET и Mirobase. В условиях удалённой работы возрасла опасность использования вирусного программного обеспечения. Самым простым решением может быть использование корпоративного антивируса ESET с системой управления лицензиями.

Подводя итог можно сказать, что пандемия и карантин не пройдут бесследно для бизнеса и корпоративной информационной безопасности. Они уже показали необходимость изменения процессов в корпоративных информационных системах.

Это изменения, позволяющие построить эффективную работу: организация распределённой и удалённой работы сотрудников, свободное перемещение информации в корпоративной сети, высокая скорость распространения информации.

Однако, с другой стороны, эти изменения несут и новые угрозы: ослабление контроля доступа, неконтролируемое распространение информации, сложность оценки ее важности в динамично меняющихся условиях.

Справиться с этими угрозами помогут решения DLP, MDM, PAM, а также шифрование и системы видеоконференций. Благодаря их использованию коммуникация между пользователями будет быстрой и защищённой.

### Литература

1. Принцип работы DLP-системы. URL: <https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/dlp-sistemy/printsip-raboty-dlp-sistemy> (дата обращения: 14.08.2021).
2. Системы управления мобильными устройствами (MDM). URL: <https://www.anti-malware.ru/security/mobile-device-management> (дата обращения: 14.08.2021).
3. Контроль привилегированных пользователей (PAM). URL: <https://www.anti-malware.ru/security/privileged-access-management> дата обращения: 14.08.2021).

УДК 004.4

### ЗАСТОСУВАННЯ ПОГЛИБЛЕНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИРШЕННЯ ЗАВДАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕМАТИЧНОГО ТЕКСТОВОГО КОНТЕНТУ

К.т.н. Рудниченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
д.т.н. Вычужанин В.В. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>, Павлов О.О. <sup>[0000-0022-6722-1274]</sup>,  
д.т.н. Петров І.М. <sup>[0000-0002-8740-6198]</sup>  
*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, vint532@yandex.ua,  
pavlov.ol.al@gmail.com, firmn@list.ru*

### APPLICATION OF DEEP LEARNING TO SOLVE THE PROBLEM OF GENERATING THEMATIC TEXT CONTENT

Ph.D. Rudnichenko N.D., Dr.Sci. Vychuzhanin V.V., Pavlov O.O.,  
Dr.Sci. Petrov I.M.

*Анотація.* У роботі наведені результати розробки і дослідження програмного застосування імплементації моделей глибокого навчання на базі штучних нейронних мереж для вирішення завдання генерації різноманітного текстового контенту.

*Ключові слова:* глибоке навчання, генерація тексту, інтелектуальний аналіз даних.

*Abstract.* The paper presents the results of the development and research of a software application for the implementation of deep learning models based on

artificial neural networks for solving the problem of generating heterogeneous text content.

**Keywords:** deep learning, text generation, data mining.

Трудомісткість створення сучасного текстового контенту для потреб мережі Інтернет пов'язана з необхідністю пошуку і залучення до його написання експертів в прикладній сфері, що призводить до часових і матеріальних витрат на попередню оцінку можливостей виконавця, якості його академічного або публіцистичного стилю цільової аудиторії, відповідно до тематики статті, вартості його роботи та інших факторів, що складно формалізувати [1,2].

У зв'язку з цим все більшої актуальності набувають засоби, технології, методи і системи автоматизації процесів генерації текстового контенту, його синтаксичної, пунктуаційної і граматичної обробки, оцінки рівня унікальності та інших показників якості отриманих матеріалів [3]. Найбільш перспективним напрямком для вирішення таких завдань є теорія штучного інтелекту (AI), що включає до свого складу такі сфери як інтелектуальний аналіз даних (DM), машинне (ML) і глибоке навчання (DL) на базі використання штучних нейронних мереж (NN) [4].

Проаналізувавши можливості використання сучасних архітектур NN глибокого навчання доцільним є порівняння і дослідження можливостей застосування моделей LSTM і Transformer в рамках розв'язуваної нами задачі [5].

У зв'язку з відсутністю повноцінних і функціональних програмних рішень в відкритому доступі і метою практичного використання отриманих результатів необхідна розробка власного прикладного програмного забезпечення, що реалізує вибрані архітектури моделей глибокого навчання для вирішення завдання генерації тексту.

Для дослідження можливостей вирішення даної задачі прийнято рішення в розробці програмного застосування для створення моделей глибокого навчання на базі використання мови програмування Python 3.7 і фреймворка Django для реалізації логіки серверної сторони системи, середовища розробки програмного коду PyCharm, СУБД PostgreSQL для зберігання призначених для користувача даних, дистрибутива Anaconda з Jupiter Notebook (проведення обчислювальних експериментів з дослідження ефективності моделей NN), а також програмних бібліотек sklearn (використання функціоналу для створення потрібних об'єктів, затвердження та оцінки чисельних значень метрик), matplotlib (візуалізація отриманих залежностей даних), Pytorch (створення моделей NN і їх

налаштування, завдання значень гіперпараметрів і запуск обчислювальних процесів), Pandas і NumPy (обробка вхідних масивів даних і їх структуризація для подачі на вхід моделям NN).

В якості датасету використовується набір текстів Para-NMT.

Виходячи з практичного використання розробленого програмного забезпечення в різних сценаріях для різних текстів слід зазначити, що на базі моделей Transformer в середньому в 7 з 10 випадків текст генерується коректним чином і задовольняє очікуванням, для моделей LSTM це значення становить 3-4 з 10.

Висновки. Слід зазначити, що всі згенеровані тексти в рамках проведеного дослідження є повними і закінченими, вони мають сенс близький до початкових даних, що є підтвердженням коректності агрегації взятого набору даних і адекватності результатів роботи моделей.

### Література

1. Щербина А.Д. Порівняльний аналіз існуючих напрямів у інтелектуальному аналізі даних / А.Д. Щербина, Д.С. Шибасв, М.Д. Рудніченко, Н.О. Шибасва // Project, Program, Portfolio Management. The Third International Scientific-practical Conference, Odesa, ONPU 07–08 Dec 2018. – С.88-90.
2. Rudnichenko N. Information System for the Intellectual Assessment Customers Text Reviews Tonality Based on Artificial Neural Networks / N. Rudnichenko, S. Antoshchuk, V. Vychuzhanin, A. Ben, I. Petrov // Proceedings of the 9th International Conference "Information Control Systems & Technologies", Odessa, Ukraine, September 24–26, 2020. – Odessa: Odessa National Polytechnic University, 2020. – P. 371-385. – <http://ceur-ws.org/Vol-2711/>
3. Галькевич С.Є. Розробка програмного додатку для вирішення задач зміни стилю тексту на основі використання методів машинного навчання / С.Є. Галькевич, М.Д. Рудніченко, І.М. Петров // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи і технології» 24–26 вересня 2020 р., м.Одеса. - 2020. - С. 201-203.
4. Філінський О.А. Розробка проекту програмного забезпечення обробки та аналізу текстової інформації / О.А. Філінський, М.Д. Рудніченко, Т.В. Отрадська // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи і технології» 24–26 вересня 2020 р., м.Одеса. - 2020. - С. 205-207.
5. Rudnichenko N. Intellectual Information System for Supporting

Text Data Rephrasing Processes Based on Deep Learning / N. Rudnichenko, V. Vychuzhanin, N. Shibaeva, S. Antoshchuk, I. Petrov // Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security, Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26, 2021. – Khmelnytskyi: Khmelnytskyi National University, 2021. – P. 228-237. – <http://ceur-ws.org/Vol-2853/paper21.pdf>

УДК 004.582

### КІБЕРНЕТИЧНИЙ КОСТЮМ ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З ВІРТУАЛЬНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ

К.т.н. Рувінська В.М. <sup>[0000-0002-7243-5535]</sup>,

к.т.н. Тройніна А.С. <sup>[0000-0001-6862-1266]</sup>, Зибін Д.В. <sup>[0000-0002-8900-8273]</sup>

E-mail: [victoriya.ruvinskaya@gmail.com](mailto:victoriya.ruvinskaya@gmail.com), [anastasiyatroinina@gmail.com](mailto:anastasiyatroinina@gmail.com),  
[vfz62@yahoo.com](mailto:vfz62@yahoo.com)

### CYBERNETIC SUIT FOR INTERACTION WITH VIRTUAL REALITY Ph.D. Ruvinskaya V., Ph.D. Troinina A., Zybin D.

**Анотація.** У даній науковій роботі запропоновано апаратно-програмний продукт, що представляє собою кібернетичний костюм на базі Ардуіно, який надасть можливість проводити різноманітні експерименти з віртуальною реальністю.

**Ключові слова:** *Motion capture, Arduino, MPU6050, Unity 3D*

**Abstract.** In this scientific work is proposed a hardware-software product, which is a cybernetic suit based on Arduino, which will provide an opportunity to conduct various experiments with virtual reality.

**Keywords:** *Motion capture, Arduino, MPU6050, Unity 3D*

*Motion capture* [1] - технологія для запису рухів акторів, які потім використовуються в комп'ютерній графіці. Система маркерів *Motion capture*, де виконавця надівається костюм зі спеціальними датчиками. Коли він відтворює потрібні рухи, то дані, отримані з цих датчиків, фіксуються спеціальними камерами і надходять на комп'ютер, де перетворюються в 3D-модель, що в точності відтворює всі рухи виконавця, на основі якої і реалізується анімація персонажа. Призначенням даної розробки є відхід



від дорогих та вузько направлений систем захоплення рухів людини *Motion capture*, таких як *Leap Motion* і *Kinect* [2, 3], а також створення недорогого пристрою, на базі якого стало б можливим проведення різних експериментів в області віртуального простору і підвищення інтересу до даної тематики у студентів та школярів. Метою роботи є проведення серії експериментів по поліпшенню працездатності кібернетичного костюма.

Перший прототип костюма представляв собою систему з 10 датчиків акселерометрів і гіроскопів *MPU6050*, 14 датчиків згину на базі оптопар, комутатора цифровий шини *I2C TCA9548A* і керуючого мікроконтролера *ATmega2560*. Мікроконтролер по черзі опитував всі 10 акселерометрів і гіроскопів, попутно перетворюючи «сирі» дані положень частин тіла в значення по осях  $x$ ,  $y$  і  $z$ . В ході калібрування отриманих даних в середовищі *Unity 3D* [4] вдалося передати рух кінцівок людини до *3D* моделі. Однак було відзначено спотворення одержуваних даних: кінцівки моделі мимовільно вигиналися, і через деякий час їх положення не відповідали реальному стану датчиків на костюмі. Для другого прототипу було прийнято рішення виключити комутатор шляхом обробки кожної кінцівки проміжним мікроконтролером. В результаті збираючий центр почав складатися з чотирьох плат *Arduino Nano* і однієї *Arduino Mega*, але позбутися від перешкоди не вдалося. Проблема була виявлена в бібліотеці датчика *MPU6050*, а саме некоректної математичної обробці «сирих» значень. Третій прототип використовував бібліотеку Жеффа Ровберга, засновану на системі переривань, яка "зупиняла" датчик до того моменту, коли збираючий мікроконтролер не звернеться до нього за новими значеннями. Таким чином, для четвертого прототипу було сформовано нову архітектуру костюма (рис.1): тепер у кожного датчика був свій обробляючий контролер, встановлений з ним в одному корпусі. Спілкування з локальними контролерами стало здійснюватися за допомогою нового інтерфейсу *RS-485*. Збираючий центр костюма також отримав значні зміни: число обробних та сполучних плат зросло в два рази і тепер становить дві *Arduino Mega* і шість *Arduino Nano*. Також експериментально було встановлено оптимальну швидкість роботи збираючого центру для зв'язку з *Unity 3D* - 9600 бод на секунду.

Результатом модернізації стало наступне:

- архітектура костюма отримала модульну конструкцію і автономну роботу його частин;
- забезпечено легкий доступ до внутрішніх елементів корпусів;

- всі системи і підсистеми стали взаємозамінними і мають однаковий код, що дозволяє в разі виходу з ладу одного з контролерів швидко поставити на його місце новий;

- завдяки використанню високоточного коду обробки «сирих» даних акселерометрів та гіроскопів вдалося позбутися перешкоди;

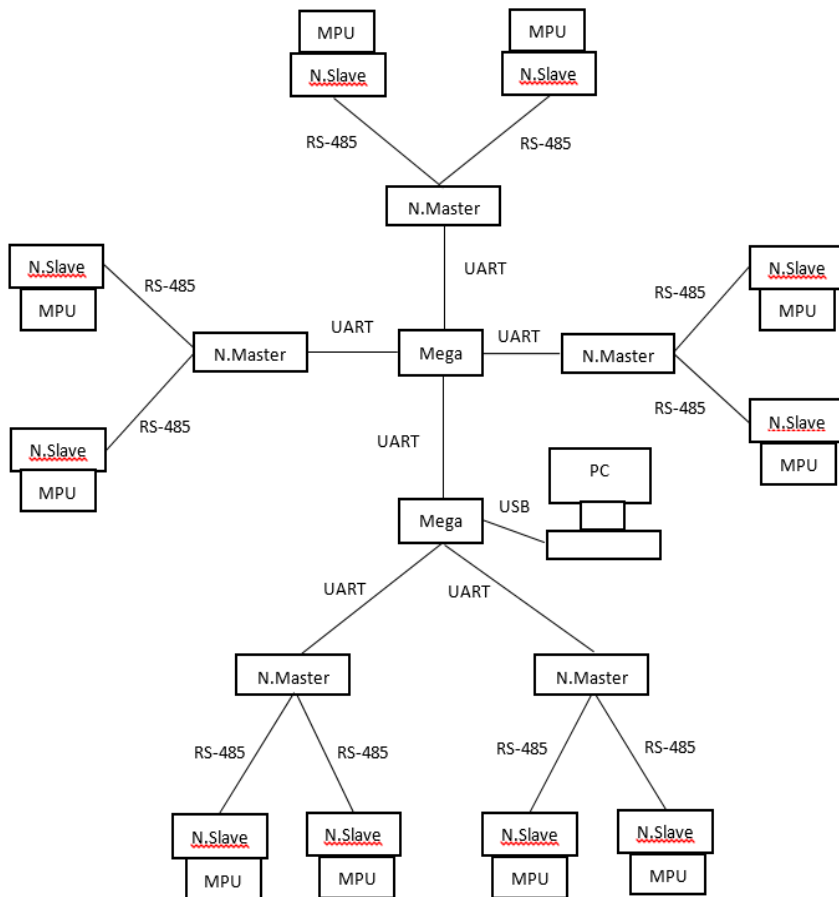


Рис. 1. Схема нової архітектури кібернетичного костюму

- був доданий блок живлення в зв'язку зі збільшенням споживаного струму, що виключило вихід з ладу стабілізатора напруги шини USB;

- розподіл обов'язків всередині системи збільшило її стабільність.

Отже, у роботі представлено нову архітектуру кібернетичного костюма, описано серію проведених експериментів по поліпшенню його працездатності. Як результат, вдалося значно підвищити точність даних і знизити навантаження на збираючий центр. Надалі для усунення можливих збоїв при передачі даних усередині костюма треба дослідити узгодженість часових затримок в шинах RS-485.

### Література

1. Зенг В.А. Виды и особенности технологий захвата движения // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XLVIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 11(47). - 2016. Режим доступа: URL: <https://sibac.info/studconf/tech/xlviii/66581>
2. Guzvinecz T., Szucs V., Sik-Lanyi C. Suitability of the Kinect Sensor and Leap Motion Controller—A Literature Review [Electronic resource] – Access mode: www / URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6427122/> - Sensors (Basel). 2019 Mar; 19(5): 1072.
3. Zhang Z. Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. IEEE MultiMedia. 2012;19:4–10. doi: 10.1109/MMUL.2012.24. – DOI
4. Unity 3D – Режим доступа: www / URL: <https://unity.com>

УДК 004.056.57: 004.89

### КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

К.ф.-м.н., Шпинарева И.М.<sup>1</sup> [0000-0001-9208-4923],

Якушина А.А.<sup>2</sup>[0000-0001-9510-159X]

E-mail: <sup>1</sup>[iryna.shpinareva@onu.edu.ua](mailto:iryna.shpinareva@onu.edu.ua),

<sup>2</sup>[anastasiia.yakushyna@stud.onu.edu.ua](mailto:anastasiia.yakushyna@stud.onu.edu.ua)

### NETWORK TRAFFIC CLASSIFICATION USING DEEP LEARNING METHODS

Ph. D., Spinareva I. M., Yakushina A. A.

**Аннотация.** В работе рассматривается задача классификации сетевого трафика с использованием методов глубокого обучения. Исследуется вопрос выбора модели нейронной сети (MLP, CNN, LSTM) для IDS,

которая эффективно выявляет аномальность сетевого трафика. Предложена гибридная архитектура нейронной сети – CNN+LSTM. Представлены результаты работы моделей нейронных сетей в задаче классификации сетевого трафика.

**Ключевые слова:** IDS; классификация сетевого трафика; глубокое обучение; нейронные сети.

**Abstract.** The problem of network traffic classification using deep learning methods is considered in the paper. The issue of choosing a neural network model (MLP, CNN, LSTM) for IDS, which effectively detects anomalous network traffic, is studied. A hybrid neural network architecture – CNN + LSTM is proposed. The results of the work of the neural network models in the problem of classifying network traffic are presented.

**Keywords:** IDS; classification of network traffic; deep learning; neural networks.

Для безопасности компьютерных сетей, классификация сетевого трафика может использоваться как важный признак при выявлении кибератак, аномалий в работе сети, неправомерных или необычных действий пользователя и прочих нарушений, что способно повысить общую безопасность сети.

Системы обнаружения вторжений (IDS) выявляют кибератаки методами выявления злоупотреблений (основанных на знаниях) и методами выявления аномалий (основанные на поведении).

Парадигмы систем обнаружения вторжений, основанных на знаниях (методы сигнатур, экспертные системы и др) больше не являются достаточными, поскольку не имеют возможность выявлять новые атаки, отсутствующие в базе знаний, в отличие от методов обнаружения аномального поведения сетевого трафика в локальной сети.

Методы обнаружения вторжений, основанные на поведении, предусматривают, что вторжение можно обнаружить, наблюдая отклонения от нормального или ожидаемого поведения системы или пользователей. Методы выявления аномалий обычно базируются на двух основных техниках, которые включают машинное обучение и глубокое обучение для классификации аномального и нормального поведения. Однако с постепенным увеличением сложности сетевой среды существующие решения, использующие традиционные методы машинного обучения, не могут в полной мере обрабатывать огромную информацию сетевого трафика через свою единую структуру.

Методи глибокого виявлення аномалій изучають ієрархические признаки дискриминации на основе данных. Эта возможность автоматического изучения функций устраняет необходимость в разработке ручных функций экспертами предметной области. Методы глибокого обучения, наиболее широко используются в выявлении аномалій, условно можно разделить на 3 категории [1]: генеративные: DCA, SAE, RBM, DBN, CVAE; гибридные: GAN; дискриминационные: RNN, LSTM, CNN.

Наиболее популярными методами глибокого обучения для анализа трафика являются дискриминационные. Существует несколько различных архитектур нейронных сетей (НС), доступных для систем обнаружения атак. Каждая НС обладает достоинствами и недостатками. Но для выявления аномалій необходимо выбрать архитектуру НС, которая будет обрабатывать сетевой трафик и определять признаки аномального поведения.

Одной из наиболее распространенных является сеть с прямой связью. Обучение в направленных сетях относится к области обучения, в которой пары входных и выходных значений подаются в сеть в течение многих циклов, так что сеть «узнает» о взаимосвязи между входными и выходными значениями. В работе рассматривается многослойная нейронная сеть прямого распространения, которая состоит из входного слоя, на который подается вектор, содержащий 176 атрибутов, двух скрытых слоев, содержащих 128 и 64 нейронов и выходного слоя, состоящего из 1 нейрона. В первых трех слоях функция активации – ReLU, в выходном слое – sigmoid.

Для работы с большим количеством параметров во внутренних слоях сети или для определения инвариантных относительно переноса признаков свою эффективность показали свёрточные нейронные сети (CNN) [2]. В работе CNN состоит из входного слоя, на который подается вектор, содержащий 176 атрибутов, двух последовательных комбинаций слоя свертки и слоя объединения и полного слоя соединения.

Рекуррентные сети (RNN) могут использоваться для работы с признаками, имеющими зависимости во времени (например, в случае, когда текущий ответ сети должен зависеть не только от текущих признаков, но и от некоторых признаков, использовавшихся при принятии предыдущего решения). Если свёрточная сеть предназначена для обработки сетки значений  $X$  типа изображения, то рекуррентная нейронная сеть предназначена для обработки последовательности значений  $x(1), \dots, x(\tau)$  [2].

Длинная краткосрочная память (LSTM) – тип рекуррентной нейронной сети, способной учиться долгосрочным зависимостям [2]. Специализация LSTM – запоминание информации в течение длительных периодов времени, поэтому их практически не нужно учить.

Для получения лучших результатов существуют примеры совместного использования нескольких типов нейронных сетей, в частности, CNN+RNN [3].

В работе предложена архитектура гибридной нейронной сети, состоящей из слоев сверточной и рекуррентной нейронные сети LSTM.

Для обучения и тестирования эффективной модели IDS требуется большой объем данных. Качество данных влияет на результаты работы модели IDS. Для исследования архитектур НС для IDS все модели НС были обучены и протестированы на наборе данных UNSW-NB15. UNSW-NB15 содержит 2540044 записей сетевого соединения, где каждая запись характеризуется 49 признаками.

Результаты тестирования моделей НС оцениваются метрикой Assiguasy (рис.1). Assiguasy – это показатель, который оценивает общий процент выявленных и ложных тревог, произведенных моделью IDS, отражающий общую вероятность успеха любой IDS.

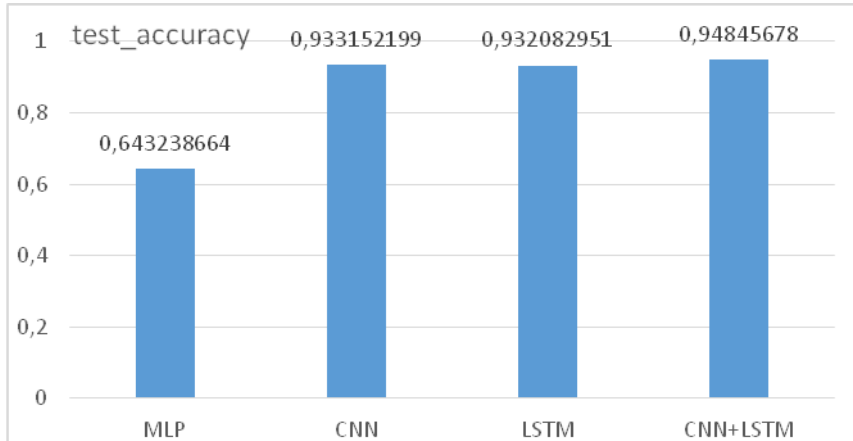


Рис. 1. Оценка тестирования различных архитектур НС.

Для эффективной работы IDS, основанной на выявлении аномалий сетевого трафика очень важно выбор архитектуры НС. В работе

проанализированы четыре разные архитектуры: многослойная сеть прямого распространения, сверточная нейронная сеть и предложенная архитектура гибридной НС –CNN+LSTM. Лучший результат показала гибридная НС, что составило 94,84% точности.

#### Литература

1. Chalapathy R. Deep learning for anomaly detection: A survey. / Chalapathy R., Chawla S. – 2019.
2. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс. – 2018. – 652 с.
3. Lopez-Martin M., Carro B., Sanchez-Esguevillas A., Lloret J. Network Traffic Classifier with Convolutional and Recurrent Neural Networks for Internet of Things. IEEE Access, vol. 5, 2017, pp. 18042-18050.

УДК 621.397

### ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В СЕТЬ С ВЫСОКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

К.т.н. Рыхлик Анджей<sup>[0000-0003-2068-9274]</sup>

*E-mail: andrzej.rychlik@p.lodz.pl*

### THE ATTRACTIVENESS OF INVESTMENTS IN VHCN

**Ph.D. Andrzej Rychlik**

**Abstract.** In order to increase the efficiency of investing in telecommunications infrastructure in Poland, the Office of Electronic Communications has prepared information portals. At the European Union level, the Body of European Regulators for Electronics Communication has issued recommendations for the Very High Capacity Network. The International Telecommunication Union has prepared another document with recommendations for the 2030 network. Scientists from the academic community propose the 6G paradigm. The author synthesized these recommendations to help the investor make optimal decisions regarding the choice of location and technology for expanding the telecommunications infrastructure. Was taken into account for the investor the maximum profit, for the consumer the maximum security of digital data transmission, and for the remaining ones, the minimum environmental impact. It is proposed to expand

the inTELi portal to include the coefficients resulting from the implementation of the 6G paradigm.

**Keywords:** 2030 network, Very High Capacity Network, business plan, telecommunications infrastructure, 6G network, ICT

The results of author's work is to support investments in telecommunications, infrastructure and services. The free telecommunications market is limited and supported by national, EU and global regulators. The aim of the activity of the national regulator is to popularize access to digital data transmission. The aim of the activity of international regulators is to ensure compatibility between the systems built by various corporations. [1] The aim of the investor's activity is to maximize profit in both the short and long term. National regulators, taking care of the subscriber, build portals for investors in such a way as to achieve their goals. International organizations also make recommendations to achieve their goals. It has been shown that in order to optimize the investment process, the existing portals should be supplemented with the recommendations of the organization. In Poland the inTELi platform is designed to help entrepreneurs analyze investment opportunities based on data held by the Office of Electronic Communications. [5] The platform is in the form of a map portal, where you can define unique investment areas and perform ratio analysis for any designated investment area. Thanks to this analysis, the entrepreneur can determine the level of investment attractiveness of the indicated area. The implementation of the 6G paradigm to the inTELi portal will result in the creation of a computer-aided ecosystem design system for 6G technology, which is compatible with VHCN and 2030 networks. We are heading toward a society of fully automated remote management systems. Autonomous systems are becoming popular in all areas of society, including industry, health, roads, oceans, and space. In this regard, millions of sensors are integrated into cities, vehicles, homes, industries, food, toys, and other environments to provide a smart life and automated systems. Hence, a high-data-rate with reliable connectivity will be required to support these applications. It is proposed to implement the 6G paradigm, because 5G networks will not have the capacity to deliver a completely automated and intelligent network that provides everything as a service and a completely immersive experiences. Although the 5G communication systems will offer significant improvements over the existing systems, they will not be able to fulfill the demands of future emerging intelligent and automation systems after ten years (2020-2030). [3] New items that may require sixth-generation (6G) system include: massive man-machine interfaces, ubiquitous computing among local devices and the cloud, multi-sensory data fusion to create multi-verse maps and different mixed-reality



experiences, and precision in sensing and actuation to control the physical world. [4] The general coefficient of inTELi is calculated on the basis of detailed coefficients; therefore the implementation of the 6G paradigm by the inTELi platform requires supplementing the detailed coefficients with the following data:

- Coefficient of linking services to KPI for a given investment area;
- The impact of an integrated satellite network on terrestrial investments;
- The indispensability factor of femtocell, dense cellular networks.

The list of coefficients from the 6G paradigm is not exhaustive. As this technology develops, new possibilities will emerge that need to be completed in the set of coefficients.

### References

1. Rychlik A.: The proposal of scientific research in the area and period of 5G. 3rd International Conference on Applied Information Technology(AIT2019), Abeokuta, Ogun State, Nigeria, 8-10 October, 2019, pp. 30 – 33,
2. Rychlik, A.: A Limit of Digitalization in 5G Technology Period, Intellectual Systems and Information Technologies, Proceedings of the International Scientific and Practical Conference 2019, August 19-24, Odessa, ISBN 978-617-7711-43-7, pp. 189-193,
3. Rychlik, A: [0000-0003-2068-9274], The 5G Architecture for Scientific and Academic Computer Network, ICST 2020 Proceedings of the 9th International Conference "Information Control Systems & Technologies" Odessa, Ukraine, September 24–26, 2020
4. Mustafa Zaman Chowdhury, Md. Shahjalal, Shakil Ahmed, Yeong Min Jang, 6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions, DOI 10.1109/OJCOMS.2020.3010270, IEEE Open Journal of the Communications Society,
5. <https://uke.gov.pl/blog/inteli-od-uke-czyli-oszacuj-atrakcyjnosci-swojej-inwestycji,17.html>

УДК 004.75

**TOWARDS AN APPROACH TO DECENTRALIZED STORAGE AND  
EXCHANGE OF BUSINESS PROCESS MODELS**

**Ph.D. Kopp A.** <sup>1[0000-0002-3189-5623]</sup>, **Ph.D. Orlovskiy D.** <sup>2[0000-0002-8261-2988]</sup>

*E-mail:* <sup>1</sup>kopp93@gmail.com, <sup>2</sup>orlovskiy.dm@gmail.com

**Abstract.** This paper proposes an approach to decentralized storage and exchange of business process models using the blockchain technology and tokenization approach. There was proposed an idea of the Ethereum smart contract that implements the non-fungible token extended with syntactic and semantic properties, which can be used to evaluate quality and estimate value of tokenized business process models.

**Keywords:** business process modeling, blockchain, tokenization, smart contract.

Nowadays digital transformation is a trend of the enterprise management. In the first place, digital transformation is associated with Business Process Management (BPM) and its applications in business process modeling, and automation using BPM suites.

The main goal of business process modeling includes visual representation of business activities as graphical diagrams in order to identify and understand ongoing workflows, find bottlenecks for improvement, ensure communication between IT (Information Technology) employees and business stakeholders. Secure and peer-to-peer exchange of business process models could be organized using blockchain technologies, including cryptocurrencies and smart contracts.

The problem of business process models tokenization, i.e. representation of them as digital tradable assets on a certain crypto-platform [1], must be solved to reach such BPM-driven tokenomics.

The object of this research includes decentralized storage and exchange of business process models.

The subject of research is the approach to business process models tokenization using blockchain and smart contracts.

Business process modeling is considered as the approach to depiction of current or future organization activities driven by events and control flow logic [2]. Also in [2] business process models are named as the key tools for process-aware information systems design, business process re-engineering, and service-oriented architectures design [2].

Business process models are also considered as graphical knowledge resources and could be used as guidelines to introduce best practices for BPM adoption across multiple enterprises, as it is done by industry reference models that share knowledge of other organizations [2].

Thanks to the blockchain advantages [1], inter-organizational storage of tokenized business process models provides collaborative parties with the proof of authorship, censorship resistance, timestamping, and immutability.

Smart contracts and provide decentralized financial (DeFi) capabilities [1], such as peer-to-peer exchange of enterprise knowledge presented as business process models without need of any third-party authorities, i.e. banks or payment systems.

Therefore, the problem of business process model tokenization remains relevant and respective information technologies should consider latest trends of blockchain technology and digital economics.

Since in Spring 2021 NFTs (Non-Fungible Tokens) got a focus in global crypto attention, mostly for collectibles and digital art (the entire market exceeds 130 USD by Spring 2021) [3], it seems as a great opportunity to extend use cases of NFTs with tokenization of enterprise models, in particular – business process models.

The NFT type better suites business process models that are unique and unequal in terms of their syntactic and semantic properties, which could be used to define value of shared models.

There could be used the SEQUAL (Semiotic Quality) framework [4] for evaluation of syntactic and semantic validity and completeness of business process models given as graphic diagrams (i.e. images).

As for the blockchain platform, there could be chosen Ethereum as the pioneering and still leading smart contracts platform [5]. Thus, the ERC721 standard may be used for business process models tokenization.

However, the ERC721 standard should be extended with syntactic and semantic features of business process models.

After NFT is minted (i.e. published on the blockchain), syntactic and semantic features are used to evaluate validity and completeness of the process model in order to define its value for collaborating parties [4].

## References

1. Hines B. Digital Finance: Security Tokens and Unlocking the Real Potential of Blockchain. John Wiley & Sons, 2020.

2. Gabryelczyk R., Hernaus T. Business Process Management: Current Applications and the Challenges of Adoption. Cognitione Foundation for Dissemination of Knowledge and Science, 2020.

3. What are NFTs and Why are They Becoming Popular? [Electronic resource]. – Access mode: <https://medium.com/tribalscale/what-are-nfts-and-why-are-they-becoming-popularc3ca2c84a4b3>

4. Krogstie J. Quality in Business Process Modeling. Springer, 2016.

5. The Best Smart Contract Platforms [Electronic resource]. – Access mode: <https://academy.shrimpy.io/post/the-best-smartcontract-platforms>

УДК 004.7

## МОДЕЛЬ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕКИ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОЇ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ

Божаткін С.М.<sup>1[0000-0002-4653-8880]</sup>,

Гусєва-Божаткіна В.А.<sup>2[0000-0002-1117-3391]</sup>,

к.т.н. Фаріонова Т.А.<sup>3[0000-0003-3384-4712]</sup>,

д.т.н. Журавська І.М.<sup>4[0000-0002-8102-9854]</sup>, Пасюк Б.Б.<sup>5[0000-0002-4634-4090]</sup>

*E-mail:* <sup>1</sup>[sergii.bozhatkin@nuos.edu.ua](mailto:sergii.bozhatkin@nuos.edu.ua), <sup>2</sup>[GusevaBozh@meta.ua](mailto:GusevaBozh@meta.ua),  
<sup>3</sup>[tetyana.farionova@nuos.edu.ua](mailto:tetyana.farionova@nuos.edu.ua), <sup>4</sup>[iryana.zhuravska@chmnu.edu.ua](mailto:iryana.zhuravska@chmnu.edu.ua),  
<sup>5</sup>[bwolverine44@gmail.com](mailto:bwolverine44@gmail.com)

## CYBER SECURITY MODEL FOR HEALTH-FREE ENVIRONMENT SYSTEMS

**Bozhatkin S.M., Guseva-Bozhatkina V.A., Ph.D. Farionova T.A.,  
Dr.Sci. Zhuravska I.M., Pasiuk B.B.**

*Анотація.* В даній роботі сформульовані ключові аспекти моделі загроз кібербезпеки для систем сповіщення за допомогою бездротового мережевого зв'язку.

В ході роботи було проведено аналіз існуючих моделей загроз кібербезпеки, моделі порушника. Визначено, що дані моделі не є такими, які повною мірою описують проблеми кібербезпеки проекту. Тому метою роботи є розробка розширеної моделі загрози кібербезпеки, що побудована за допомогою моделі Cyber Kill Chain.

**Ключові слова:** оповіщення, публічні мережеві точки доступу, несанкціонований доступ, сервер сповіщень, загрози, кібербезпека, модель загрози кібербезпеки, модель Cyber Kill Chain.

**Abstract.** This paper set out the key aspects of cyber security threats to models of notification via a wireless network Communications.

In the course of work the analysis of existing models of threats of cybersecurity, model of the violator was carried out. It was determined that these models are not such that fully describe the problems of cyber security project. Therefore, the aim of the work is to develop an extended model of cybersecurity threat, built using the Cyber Kill Chain model.

**Keywords:** alerts, public wireless access point, unauthorized data access, alert nodes, emergencies, cybersecurity, model of cybersecurity threats, Cyber Kill Chain.

Системи оповіщення служать важливою ланкою в ланцюзі кризової комунікації, вони необхідні для мінімізації втрат при надзвичайної ситуації.

В Україні назріла необхідність заміни існуючих систем оповіщення на автоматизовані, що дозволяють виконувати вимоги, що пред'являються до них в сучасних умовах

Станом на сьогодні відбувається перехід до нових структур організації таких систем з урахуванням сучасного стану технічних засобів зв'язку, захисту від несанкціонованого доступу та розповсюдження шкідливого програмного забезпечення [1,2].

Під час створення систем оповіщення через бездротові точки доступу необхідно враховувати забезпечення захищеності точок доступу від загрози різного роду мережевих атак .

Система безпеки інформаційних систем (в даному випадку, систем оповіщення) базується на моделі загрози та моделі зловмисника [3].

Для створення таких моделей необхідно проаналізувати дані, отримані під час аудиту.

Щоб визначити рівень кібербезпеки бездротової системи оповіщення, пропонується розробити розширену модель загрози на основі моделі «Cyber Kill Chain» та визначити різницю із типовою моделлю загрози [4].

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про використання запропонованої моделі загрози кібербезпеки для бездротової системи оповіщення та оцінити ефективність системи оповіщення з точки зору кібербезпеки.

### Література

1. B. Kang, H. Choo, A deep-learning-based emergency alert system, ICT Express, Volume 2, Issue 2, Pages 67-70 (2016). doi: 10.1016/j.icte.2016.05.001.
2. O.Patlaichuk, H.Serbulov (2020). Employees notification systems in the event of emergency situations through public wireless access points. In International Competition of Student Scientific Works: BLACK SEA SCIENCE (Odessa, ONAFT) (pp. 259-270).
3. J. Fruhlinger (2020). Threat modeling explained: A process for anticipating cyber attacks. Retrieved from <https://www.csoonline.com/article/3537370/threat-modeling-explained-a-process-for-anticipating-cyber-attacks.html>.
4. What is Cyber-Kill Chain and why it should be taken into account in the defense strategy. <https://habr.com/ru/company/panda/blog/327488/>.

UDK 004.932.72\*1

### INCREASING ACCURACY OF THE MEASUREMENT OF PROXIMITY BETWEEN OBJECTS WITH INTERVAL ANALYSIS DURING PATTERN RECOGNITION IN ROBOTIC SYSTEMS

Dr.Sci. Mammadov R.G. <sup>[0000-0003-4354-3622]</sup>,

Mammadov G.M. <sup>[0000-0002-2874-6221]</sup>

*E-mail: rahim1951@mail.ru, qurban\_9492@mail.ru*

**Abstract.** When determining the measure of proximity between objects (MPBO) during object recognition, errors arise due to the correlation between the measurements of the parameters of the input and reference objects, the presence of a modular operation in the formulas for evaluating the MPBO, and the presence of a gross error in the measurement results. To eliminate these errors, an algorithm for making decisions based on the results of multiple measurements of the parameters of recognized and reference objects is proposed. According to this algorithm, decisions are made not according to the existing formulas for assessing the MPBO, but by analyzing the intervals for assigning the results of repeated measurements of parameters. recognized and reference objects.

**Keywords:** pattern recognition, measure of proximity between objects, measurement errors, interval analysis, correlation coefficient, re-measurements

One of the main elements of intelligent systems of modern robots and flexible automated production is the pattern recognition system. The efficiency of the pattern recognition system plays a key role in the development of a high performance and highly reliable intelligent system. They increase the efficiency of robots and the flexibility of production, providing them with versatility and adaptability. The reliability of pattern recognition is determined by the accuracy of the estimation of the MPBO, determined by measurement. And the accuracy of estimating the MPBO depends on the accuracy of measuring the parameters of the recognized and standard images and on the method of estimating the difference between the parameters of the images of the same name.

Errors in measuring image properties are grouped according to a complex law, which creates an error in assessing the MPBO, on which the reliability of the pattern recognition system depends. Consequently, such errors, which reduce the cost of the reliability of pattern recognition, are a serious obstacle to the widespread use of modern robots [1,2]. To estimate the MPBO, such formulas as Manhattan distance, Euclidean distance, and others are used. However, due to the fact that each formula is overly integrated, there are a number of shortcomings that do not support the relevance of the correct calculation of the error in estimating the MPBO and, as a consequence, the high accuracy of pattern recognition. Research shows that it is impossible to eliminate some random and gross errors using existing empirical formulas. Even increasing the number of repeated measurements does not solve this problem. This is due to the use of the modulus sign in existing formulas (distance can never be negative). When calculating the MPBO, a gross measurement error, the uncertainty of statistical processing, the presence of a modular sign in existing formulas, and the failure to take into account the correlation coefficient between measurements can be a direct cause of incorrect results [3]. The proposed algorithm allows a more intelligent approach to the calculation of the MPBO, that is, to the analysis of the histogram of the distribution of errors in measuring the parameters of input and standard objects and to make a decision on pattern recognition. A priori the total range of distribution of measurement errors for the standard image parameters is determined and divided into separate intervals. Further, the parameter of the recognized pattern is repeatedly measured and the hit of each repeated measurement in one or another interval is checked.

At the end of repeated measurements, it is checked which interval was the most common. Based on the maximum hit of this or that interval, a decision is made on the recognition or non-recognition of patterns.

The computer simulates the decision-making process based on the data of 18 repeated measurements of the same parameters of the recognized and standard images. In existing systems for measuring the proximity between recognized and reference objects, errors arise due to the correlation coefficient between the measurements of the parameters of the input and reference objects, the presence of a modulus operation in the formulas for assessing the proximity measure between objects, and the random presence of a gross error in the measurement results. Researches have shown that when recognizing, diagnosing and controlling objects, it is necessary to make decisions not according to the existing formulas for assessing the MPBO, but by analyzing the hit intervals based on the results of repeated measurements of the parameters of the recognized and standard objects.

### References

1. Шапиро Л, Стокман Дж; Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / пер. с англ. — БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.- 763 с.
2. Мамедов Р.К, Иманова.У.Г. Повышение достоверности принятия решений при распознавании образов, Электронное моделирование, Киев, 2014, т.36, №5, с.115-121.
3. Володин И.Н. Лекции по теории вероятностей и математической статистике. - Казань: (Издательство), 2006. - 271с.

УДК 004.02

### АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПІД-РЕГУЛЯТОРА НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО ФІЛЬТРА С ІСПОЛЬЗОВАННЯМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

**Петросян Р.В.** <sup>[0000-0002-0388-8821]</sup>, **д.т.н. Пилькевич И.А.** <sup>[0000-0001-5064-3272]</sup>,  
**Петросян А.Р.** <sup>[0000-0003-0960-8461]</sup>

*E-mail: e\_rvs@ukr.net, igor.pilkevich@meta.ua, xckaytz@gmail.com*

### ALGORITHM FOR OPTIMIZATION OF A PID CONTROLLER BASED ON A DIGITAL FILTER USING A GENETIC ALGORITHM Petrosian R., Dr.Sci. Pilkevych I., Petrosian A.

**Аннотация.** Рассмотрена задача построения модели цифрового ПИД-регулятора. Предлагается в основу регулятора положить методы цифровой фильтрации, а именно нерекурсивный фильтр IV типа. Расчет



коэффициентов цифрового фильтра выполнен с использованием генетического алгоритма.

**Ключевые слова.** ПИД-регулятор, цифровой фильтр, генетический алгоритм.

**Abstract.** The problem of constructing a model of a digital PID controller It is proposed to use digital filtering methods as the basis for the regulator. The digital filter coefficients are calculated using a genetic algorithm.

**Keywords.** PID controller, digital filter, genetic algorithm.

Задача эффективного управления технологическими процессами, робототехническими системами, летательными аппаратами и другими техническими средствами остается актуальной для многих отраслей промышленности. С этой целью во многих сферах науки и техники используются регуляторы. Наиболее популярным является ПИД-регулятор [1]. Настройка регуляторов может быть осуществлена несколькими способами, в том числе параметры регулятора могут быть получены в аналитической форме [1,2]. Однако большинство этих методов разработаны для аналогового ПИД-регулятора и не подходят для цифрового, т.к. его модель не совсем точно соответствует ПИД-регулятору, и, соответственно, оптимизация модели цифрового ПИД-регулятора является актуальной. Выражение описывающее работу аналогового ПИД-регулятора соответствует выражению (1):

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

где  $K_p, K_i, K_d$  коэффициенты аналогового ПИД-регулятора.

Выражение описывающее работу цифрового ПИД-регулятора соответствует выражению (2) [3]:

$$u(n) = K_p e(n) + K_{id} \sum_{k=0}^n e(k) + K_{dd} (e(n) - e(n-1)), \quad (2)$$

Посмотрим на АЧХ регулятора при  $K_p = 10, K_i = 1, K_d = 1$  (рис. 1).

АЧХ аналогового ПИД-регулятора показує, що в області нижніх частот впливає інтегруюча складова, а в області верхніх частот – диференціююча складова.

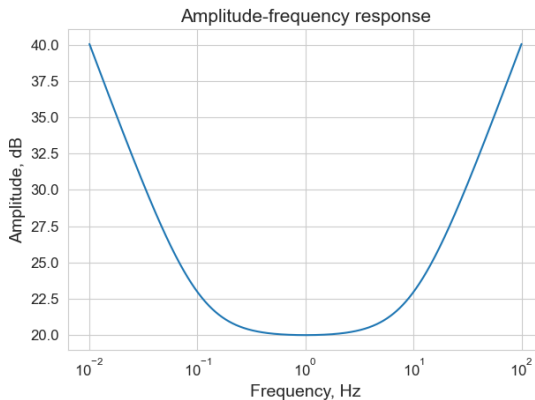


Рис. 1. Вид АЧХ ПИД-регулятора

На рис. 2 показані АЧХ диференціюючих складових аналогового і цифрового регуляторів.

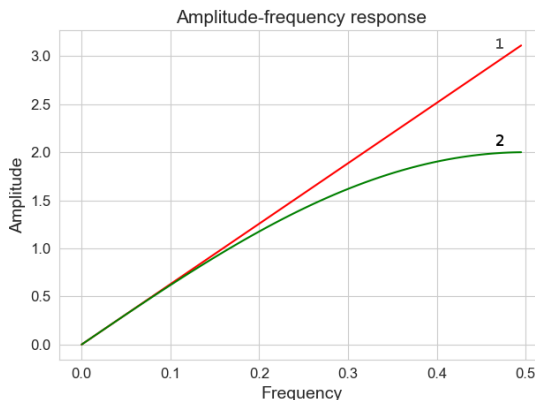


Рис. 2. АЧХ диференціюючої складової ПИД-регулятора: 1 – аналогового; 2 – цифрового

Было предложено реализовать алгоритм цифрового ПИД-регулятора в соответствии с выражением:

$$u(n) = K_p e(n) + K_{id} \sum_{k=0}^n e(k) + K_{dd} \sum_{l=0}^{L-1} h(l) \cdot (e(n-l) - e(n+l-2L+1)).$$

#### Литература

1. Самотокін Б. Б. Лекції з теорії автоматичного керування: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2001 - 508с.
2. Ziegler, J. G., Nichols, N. B., Optimum settings for automatic controllers, Trans. ASME, 1942., vol. 64, pp. 759-768.
3. Franklin, G. F., Powell, J. D., Workman, M. L., Digital control of dynamic systems (2nd ed.), Addison-Wesley, Reading, 1990.

УДК 004.056, 629.5.06

### РАЗНООБРАЗИЕ И ВИДЫ КИБЕРАТАК НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Алексеев А.Е.<sup>1</sup> [0000-0001-9817-0005], Ключникова Д.Д.<sup>2</sup> [0000-0002-2537-0169],  
Дедова Н.А.<sup>3</sup> [0000-0002-1319-7709], д.т.н., Соколов С.С.<sup>4</sup> [0000-0002-4581-2518]  
E-mail:<sup>1</sup> kseenkovale@gmail.com, <sup>2</sup> lik0011sofia@mail.ru,  
<sup>3</sup> nataliandreevna@gmail.com, <sup>4</sup> sokolovss@gumrf.ru

### VARIETY AND TYPES OF CYBER ATTACKS ON WATER TRANSPORT

Alekseenkov A., Klyuchnikova D., Dedova N., Dr.Sci. Sokolov S.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы информационной безопасности в отрасли водного транспорта. Приведены примеры кибератак на суда и оборудование, а также составлена классификация на основе их реализации. Показано, что современная система информационной безопасности на водном транспорте только начинает развиваться и еще не обладает достаточным уровнем, чтобы обеспечить надежную защищенность.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, кибератака, порт, утечка данных, атака, навигационная система, судоходство

**Abstract.** The article deals with the issues of information security in the water transport industry. Examples of cyberattacks on ships and equipment are given, as well as a classification based on their implementation. It is shown that the modern information security system on water transport is just beginning to develop and does not yet have a sufficient level to ensure reliable security.

**Keywords:** information security, cyberattack, port, data leak, attack, navigation system, shipping

Современный мир все чаще поднимает вопросы, связанные с информационной безопасностью. Исключением не является и отрасль водного транспорта: кибербезопасность становится одной из важнейших частей ее развития.

Целью кибератак являются не только компьютеры в порту, но и навигационные системы, бортовые компьютеры на судне. Судно может быть атаковано даже в открытом море. Под ударом практически все судовое оборудование, системы ECDIS. Существуют виды атак в прибрежной зоне на навигационное оборудование GNSS и AIS систем судов. Например, спуфинг – подмена, имитация GPS/Glonass-данных, получаемых со спутников систем навигационного позиционирования. Для этого используют специальное оборудование, вносящее искажения в сигналы GNSS-систем.

Существует возможность классификации в зависимости от объекта, который был атакован. Это поможет в будущем найти наиболее эффективные решения для защиты каждого вида объектов. В статью приводится пример классификации, основанный на рассмотрении характерных отличий объектов атаки. Существуют и другие возможные классификации [1].

Были рассмотрены самые яркие инциденты последних лет, среди которых:

9 мая 2020 год. Атакован иранский порт Шахид Раджаи.

15 августа 2020 год. Крупный оператор Carnival Corporation подтвердил кражу личной информации клиентов, сотрудников и экипажей судов.

Замечено, что атаки направлены не только на портовые компьютеры и базы данных, но и на судовое оборудование, включая GPS. Каждый из объектов, подверженный кибератаке, имеет свои особенности, что требует разработки специальных средств защиты.

Предложена и сформулирована классификация кибератак по месту их применения. В каждом разделе рассмотрены эпизоды.

В части навигационных систем.

Технологию слежения за судами взламывают, чтобы подделать размер и местоположение судов, что вызывает сигналы тревоги столкновения других судов. Различные аспекты атак на навигационные системы рассматривались авторами в работе [2].

Взломана может быть и компьютерная навигационная система под названием Electronic Chart Display (Ecdis), которая предоставляет экипажам альтернативу использованию бумажных карт.

В качестве примера можно привести ситуацию, когда на борт огромного танкера кто-то из членов команды принес документацию на зараженной USB-флешке, и после обновления через USB-порт карты, вирусом была поражена навигационная система Ecdis. Любопытно, что на Ecdis практически не ставят антивирус.

В части портовой инфраструктуры.

Чаще всего страдают порты, а точнее компании и сервера. Атаки на них разнообразны, но практически всегда несут большой материальный урон. Так специалисты из CyberKeel в ходе проверки небольшой компании выяснили, что в момент выставления счета за топливо, вирус подменял в нем банковские реквизиты - и платежи уходили хакерам. После этого в августе 2011 года хакеры взломали сервера иранской судоходной линии IRISL, повредив данные, связанные с контейнерами. Пострадали данные о тарифах, номерах грузов, датах, местах доставки и многое другое.

Недавние атаки.

В апреле 2020 года кибератаке подверглась Mediterranean Shipping Co. Их веб-сайт из-за отключения сети был недоступен в течение более 10 часов, аналогичная ситуация была с социальными сетями и почтовыми службами.

9 мая 2020 года был атакован иранский порт Шахид Раджаи.

В середине мая 2020 года были зашифрованы приблизительно 370 (20%) рабочих станций и 20 (10%) серверов компании Anglo-Eastern.

Средиземноморская судоходная компания (MSC) сообщила о проблеме отключения сети, влияющей на веб-сайт msc.com.

В части операторов грузовых линий.

Сектор морских грузоперевозок серьезно пострадал от вируса NotPetya.

Вирусы аналогичные NotPetya распространяются от компьютера к компьютеру и угрожают всем подключенным к сети устройствам на борту судна.

В сентябре 2020 года СМА CGM был поражен вредоносной программой шифрования данных Ragnar Locker. Данная программа впервые появилась в 2019 году и была предназначена для требования выкупа, путем угрозы уничтожения зашифрованных файлов. Официально сообщили, что атака затронула ряд периферийных серверов компании, из-за чего ИТ-персонал был вынужден отключить внешний доступ к приложениям для предотвращения распространения угрозы.

В части судов.

Кибератака может ввести судно в заблуждение относительно его направления или местоположения порта.

В 2016 году два корабля ВМС США были введены в заблуждение в результате кибератаки в Персидском заливе [3].

Таким образом, полученные данные можно классифицировать по месту применения, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Классификация кибератак на водном транспорте

#### Заклучение

Проведя анализ киберпреступлений за последнее время, произошедших на морском транспорте [4], пришли к выводу: наиболее удобной является классификация по месту применения, а именно:

1. В части навигационных систем (Изменяются размеры и местоположения судов, что вызывает сигналы тревоги столкновения, также направлена на взлом Ecdis);

2. В части портовой инфраструктуры (Целью являются сервера и компьютеры, подобные атаки часто несут большой материальный урон);

3. В части операторов грузовых линий (Чаще всего подвергаются атакам вирусов вымогателей);

4. В части судов (атакам подвергается судовое оборудование, аппаратное обеспечение терминала спутниковой связи, а также системы управления).

В каждом классе рассматривались наиболее яркие кибератаки и их последствия.

Таким образом, заметна тенденция роста атак на объекты водного транспорта.

На данный момент безопасность находится на недостаточном уровне, что не обеспечивает надежную защиту данных.

В случае, если отрасль информационной безопасности на водном транспорте останется без развития, количество успешных кибератак возрастет.

Это приведет к большим материальным убыткам и утечкам данных, что может повлечь ущерб для груза, пассажиров и судоходных компаний. Развитие рассматривалось автором в работе [5].

В данный момент морская отрасль крайне подвержена кибератакам. К сожалению, нельзя сказать, что уровень безопасности достаточно высок для обеспечения необходимого уровня защищенности аппаратного обеспечения, навигационного оборудования и данных.

Однако, стоит отметить, что данная проблема в настоящий момент активно решается путем повышения уровня специалистов и подготовки новых кадров [6], способных исправить нынешнее положение дел и поднять кибербезопасность в области водного транспорта на новый уровень [7].

### Литература

1. Adam Stojalowski, Cyberattack — Examples of Threats / Scientific Journal of Polish Naval Academy 2019 volume 219 issue 4 on pages 29 to 39 / 10.2478/sjpna-2019-0023
2. Victor Bolbot, Gerasimos Theotokatos, Evangelos Boulougouris, Dracos Vassalos. A novel cyber-risk assessment method for ship systems // Safety Science Volume 131, November 2020 / 10.1016/j.ssci.2020.104908
3. Joan Mileski, Christopher Clott, Cassia Bomer Galvao. Cyberattacks on ships: a wicked problem approach // Maritime Business Review Article publication date: 21 November 2018, Issue publication date: 3 December 2018 / 10.1108/mabr-08-2018-0026
4. Shipunov, I.S. Investigation of Computer Incidents as an Important Component in the Security of Maritime Transportation / I. S. Shipunov, A. P. Nyrkov, M. U. Ryabenkov, A. A. Nyrkov, Y. F. Katorin // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). – 2021. – Pp. 657-660. <https://doi.org/10.1109/EIConRus51938.2021.9396501>
5. SUDINA E.R. CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE WORLD TRANSPORT SYSTEM / ECONOMY AND BUSINESS: THEORY AND PRACTICE, 2021, Issue: 4-2 (74) pages 176-180 / 10.24412/2411-0450-2021-4-2-176-180
6. Нырков А.П. О формировании профессиональных компетенций обучающихся по направлению «Информационная безопасность» в транспортных вузах / А. П. Нырков, Ю. Ф. Каторин, А. А. Нырков, А. В. Белов // «Информационная безопасность регионов России (ИБРР–2019)» XI Санкт–Петербургская межрегиональная конференция. Материалы конференции – СПб.: СПОИСУ, 2019. – С. 523 – 524.
7. Sokolov S. Countering Cyberattacks During Information Operations / S. Sokolov, A. Nyrkov, T. Knysh, A. Shvets // In: Mottaeva A. (eds) Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 130. Springer, Singapore. – 2021. – Pp. 84 - 100. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_8)



УДК 681.518.:004.93.1'

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА  
АДАПТАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ВИПУСКОВОЇ  
КАФЕДРИ ДО ВИМОГ РИНКУ ПРАЦІ**

**Прилепа Д.В.** [0000-0002-4022-5496], **к.т.н. Шелехов І. В.** [0000-0003-4304-7768]

*E-mail: prilepa.dmitrij@meta.ua, ,igor-i@ukr.net*

**INTELLECTUAL INFO-ANALYTICAL SYSTEM OF GRADUATING  
DEPARTMENT'S EDUCATIONAL CONTENT ADAPTATION TO THE  
LABOR MARKET REQUIREMENTS**

**Prylepa D.V., Ph.D. Shelechov I. V.**

**Анотація:** Розроблено метод інформаційно-екстремального машинного навчання інформаційно-аналітичної системи (ІАС) адаптації навчального контенту випускової кафедри до вимог ринку праці, що дозволяє в режимі моніторингу отримати максимальну повну ймовірність прийняття правильних класифікаційних рішень.

**Ключові слова:** інформаційно-екстремальне машинне навчання, інформаційний критерій, вирішальні правила, навчальний контент.

**Abstract:** A method of information-extreme machine learning of the information-analytical system (IAS) adaptation of learning content of the graduating department to the requirements of the labor market has been developed, which allows to obtain the maximum full probability of making correct classification decisions in the monitoring mode.

**Keywords:** information-extreme machine learning, information criterion, decision rules, educational content.

В Сумському державному університеті розроблено інтелектуальну ІАС адаптації навчального контенту до вимог ринку праці, яка дозволяє здійснювати корекцію навчального контенту кафедри в режимі моніторингу.

Інформаційно-екстремальне машинне навчання ІАС здійснювалося на прикладі оцінки відповідності вимогам ринку праці навчального контенту із спеціальності «Кібербезпека» бакалаврського рівня.

Вхідна навчальна матриця формувалася шляхом зчитування оцінок змістовних модулів навчальних дисциплін, які виставлялися респондентами за стобальною шкалою. Рівні якості навчального контенту характеризувалися чотирма класами розпізнавання: клас  $X_1^o$  –

«відмінно», клас  $X_2^o$  – «добре», клас  $X_3^o$  – «задовільно» і клас  $X_4^o$  – «незадовільно».

Машинне навчання здійснювалося з оптимізацією контрольних допусків на ознаки розпізнавання за ієрархічною декурсивною структурою даних [1].

Як критерій оптимізації параметрів машинного навчання розглядалася модифікована міра Кульбака у вигляді функціонала від точнісних характеристик класифікаційних рішень. Вирішальні правила побудовано у вигляді

$$(\forall X_m^o \in \mathfrak{R}^{|M|})(\forall x^{(j)} \in \mathfrak{R}^{|M|})[\text{if } (\mu_m > 0) \ \& \ (\mu_m = \max\{\mu_m\}) \quad (1) \\ \text{then } x^{(j)} \in X_m^o \ \text{else } x^{(j)} \notin X_m^o],$$

де  $x^{(j)}$  – вектор, що розпізнається;  $\mu_m$  – функція належності вектора  $x^{(j)}$  контейнеру класу розпізнавання  $X_m^o$ , яка для гіперсферичного контейнера визначається за формулою [1]

$$\mu_m = 1 - \frac{d(x_m^* \oplus x^{(j)})}{d_m^*}, \quad (2)$$

де  $x_m^*$ ,  $d_m^*$  – усереднений вектор ознак і радіус гіперсферичного контейнера класу розпізнавання  $X_m^o$  відповідно.

На рис. 1 показано графіки залежності інформаційного критерію Кульбака від радіусів контейнерів класів розпізнавання, оптимальні значення яких дозволяють побудувати вирішальні правила (1). Аналіз рис. 1 показує, що оптимальні радіуси контейнерів класів розпізнавання дорівнюють  $d_1^* = 5$  (тут і далі в кодових одиницях),  $d_2^* = 12$ ;  $d_3^* = 4$  і  $d_4^* = 14$ .

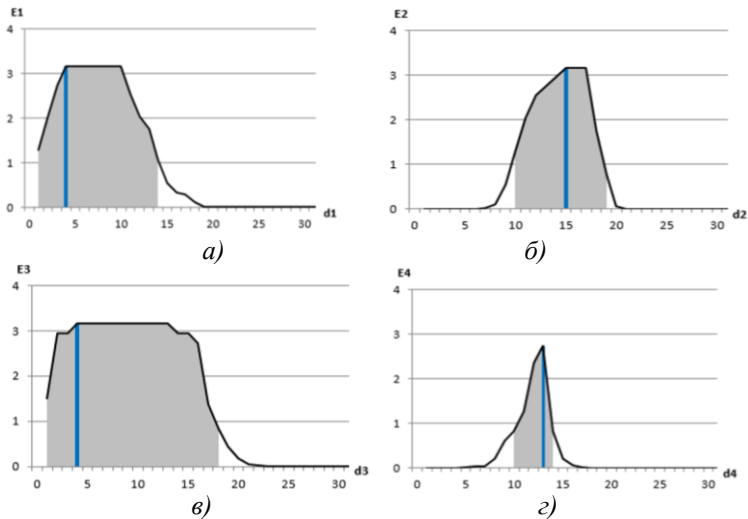


Рис. 1. Графіки залежності критерію (2) від радіусів контейнерів: а – клас

$X_1^0$ ; б – клас  $X_2^0$ ; в – клас  $X_3^0$ ; г – клас  $X_4^0$

Таким чином, інформаційно-екстремальне машинне навчання ІАС полягає у відновленні контейнерів класів розпізнавання в радіальному базисі бінарного простору ознак Хеммінга.

Оскільки побудовані вирішальні правила є не безпомилковими, то для підвищення функціональної ефективності машинного навчання необхідно збільшити його глибину шляхом оптимізації інших параметрів функціонування ІАС, включаючи параметри формування вхідного математичного опису системи.

## Література

1. Довбиш А.С. Інтелектуальні інформаційні технології в електронному навчанні / А.С. Довбиш, А.В. Васильєв, В.О. Любчак. – Суми: Видавництво СумДУ, 2013.– 177 с.

УДК 004.89

**ПОИСК АНОМАЛИЙ  
ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**  
К.т.н., Рувинская В. М. <sup>[0000-0002-7243-5535]</sup>, Девятков В. В. <sup>[0000-0003-1114-9575]</sup>,  
Андросов А. Г.  
E-mail: victoriya.ruvinskaya@gmail.com, wladdew2016@gmail.com,  
androsov.2012year@gmail.com

**ANOMALIES SEARCHING  
FOR VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS**  
Ph.D. Ruvinskaya V., Devyatkov V., Androsov A.

**Аннотация.** Проведен анализ подходов при поиске аномалий, и для выявления аномальных значений характеристик в кадрах при видеонаблюдении выбран метод, основанный на мартингалах. Разработан веб-сервис, позволяющий работать с программными модулями видеоаналитики при анализе видеонаблюдения.

**Ключевые слова:** видеонаблюдение, видеоаналитика, аномалии, мартингалы

**Abstract.** The analysis of approaches to the search for anomalies was carried out, and a method based on martingales was chosen to identify anomalous values of characteristics in frames during video surveillance. A web service has been developed that allows working with video analytics software modules when analyzing video surveillance.

**Keywords:** video surveillance, video analytics, anomaly, martingales

Видеонаблюдение – это процесс наблюдения, осуществляемый с применением оптико-электронных устройств, предназначенных для визуального контроля и/или автоматического анализа [1].

Актуальность видеонаблюдения бесспорна, оно применяется: для обеспечения безопасности стратегически важных объектов, таких как аэропорты, вокзалы и тому подобное; для охраны магазинов, офисов, банков и других коммерческих организаций, а также своих жилищ; для контроля в сфере жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города; в других сферах.

Первые системы видеонаблюдения только показывали в реальном времени то, что «видят» расположенные в различных местах устройства, а также записывали видео с последующей возможностью его

воспроизведения. Однако в такого рода системах сложно передавать, поддерживать и просматривать большой объем необработанных видеоданных, поэтому современные системы содержат модули видеоаналитики (Video Content Analysis, VCA, или Video Analytics, VA) [2], способные «замечать» существенные изменения в последовательных кадрах, распознавать объекты и события и, таким образом, вычленять и в дальнейшем работать только с данными, в которых присутствуют, так называемые, аномалии.

Так как видео состоит из последовательности кадров, следующих друг за другом во времени, возможно для него проводить так называемый Change Point Detection (или Change Detection) – анализ временных рядов для поиска аномалий [3]. В этом случае видео представляется в виде временного ряда и, таким образом, применяются соответствующие модели и методы, подходящие для обработки результатов видеонаблюдения [4].

Рассматривают два вида решаемых проблем в change detection [3]:

- *Offline*, когда предполагается, что последовательность временного ряда при анализе доступна полностью, и цель состоит в том, чтобы определить, произошли ли какие-либо точки изменения в серии. Такой подход применим для анализа записанного в результате видеонаблюдения материала.

- *Online*, когда change point detection связано с обнаружением точек изменения для поступающего в реальном времени потока данных, что применимо при анализе непосредственно при видеонаблюдении.

Наиболее известны следующие группы методов для online change detection: статистический последовательный анализ [5], а также наиболее эффективные, так называемые, поточные алгоритмы для обработки последовательности данных в один или малое число проходов, зачастую, только в один [6]. К группе поточных алгоритмов относится и метод поиска аномалий во временных рядах с помощью online машинного обучения на основе перестановочных мартингалов (Exchangeability Martingales) [4]. Основная идея состоит в анализе следующего факта: если распределение последовательности примеров инвариантно относительно любой перестановки индексов, то распределение перестановочное, и такой ряд не содержит аномалий; если не инвариантно, то это указывает на присутствие точек изменения. Для разработки программы для видеоаналитики в виде веб-сервиса был использован веб-портал «Microsoft Azure Machine Learning Studio», модуль «Time Series Anomaly Detection» (см. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/studio-module-reference/time-series-anomaly-detection>), позволяющий находить аномалии

во временных рядах с помощью мартингалов. Для анализа была выбрана такая характеристика, как уровень яркости, так как изменение его, в частности, свидетельствует о попытках закрыть или ослепить камеру. При работе веб-сервиса сначала изучаются нормальные рабочие характеристики начальных значений временного ряда, величина которого настраивается заранее, строится модель на основе этих данных, а затем используется для выявления отклонений (как изменений общих тенденций, так и величин или их диапазонов), причем, модель перестраивается в реальном времени по мере прихода новых данных (онлайн-обучение). Результаты работы веб-сервиса: момент времени, нормализованная яркость, оценка аномальности и индикатор аномалии, что может быть использовано для выдачи сигнала тревоги в случае выявления аномалий.

Автоматический поиск аномалий при видеонаблюдении, как и любая другая видеоаналитика, позволяют создавать системы, менее зависимые от человеческого фактора: человек зачастую может не заметить что-либо на видео; поиск аномалий при просмотре видео вручную выполняется дольше, чем с помощью видеоаналитики.

#### Литература

1. Monahan, Torin; Murakami Wood, David (2018). Surveillance Studies: A Reader. New York: Oxford University Press.
2. Lawrence J. Fennelly. Effective Physical Security (Fifth Edition), Copyright © 2017, Elsevier Inc.
3. van den Burg, Gerrit J. J.; Williams, Christopher K. I. (May 26, 2020). "An Evaluation of Change Point Detection Algorithms"
4. Valentina Fedorova, Alex Gammerman, Iliia Nouretdinov, and Vladimir Vovk. Plug-in martingales for testing exchangeability on-line. In Proceedings of the 29th International Conference on International Conference on Machine Learning, ICML'12, page 923–930, Madison, WI, USA, 2012. Omnipress. ISBN 9781450312851
5. Weigl, Hans Günter (2013). Abraham Wald: a statistician as a key figure for modern econometrics (PDF) (Doctoral thesis). University of Hamburg.
6. Alon, Noga; Matias, Yossi & Szegedy, Mario (1996), The space complexity of approximating the frequency moments, Proceedings of the 28th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 1996), p. 20–29.

УДК 336.74

## ВИКОРИСТАННЯ КРИПТОВАЛЮТНИХ РОЗРАХУНКІВ У СФЕРІ Е-КОМЕРЦІЇ

Сусленко В.В., д.е.н. Затонацька Т.Г. <sup>[0000-0001-9197-0560]</sup>,  
E-mail: vladimirmetnew@gmail.com, tzatonatska@gmail.com

## THE USE OF CRYPTOCURRENCY SETTLEMENTS IN THE FIELD OF E-COMMERCE

Suslenko V., Zatonatska T.

**Анотація.** У роботі було досліджено використання криптовалют як електронних платіжних систем на підприємствах електронної комерції. Доведено, що підприємства електронної комерції, що спеціалізуються на реалізації споживчих товарів, можуть використовувати криптовалютні розрахунки у Bitcoin - 50% та у Ethereum 65% транзакцій для зменшення вартості транзакції у порівнянні з системою LiqPay.

**Ключові слова:** електронні платіжні системи, криптовалюта, е-комерція, транзакції.

**Abstract.** The article examines integration of cryptocurrencies as electronic payment systems in e-commerce enterprises. It has been proven that e-commerce companies specializing on selling consumer goods could use hybrid cryptocurrency payments in Bitcoin in 50% of transactions and Ethereum in 65% of transactions in the studied timeframe to reduce the cost of the transaction compared to the LiqPay system.

**Keywords:** Electronic payment systems, cryptocurrency, e-commerce, transactions.

Електронні платіжні систем стрімко розвиваються для задоволення попиту на електронний переказ коштів та демонструють певний набір трендів розвитку, таких як тренд до інклюзивності доступу до використання електронної платіжної системи, забезпеченості інформаційної безпеки системи та до діджиталізації системи через розвиток мобільного банкінгу, дослідження цифрових валют та розвитку використання мережі Інтернет як мережі глобальної електронної комерції.

Метою дослідження є оцінка ефективності та розробка рекомендацій щодо використання криптовалютних розрахунків у сфері е-комерції з урахуванням сучасної законодавчої бази ЄС та України.

До наукової гіпотези можна віднести наступне твердження: чи можуть криптовалюти знайти практичне використання як частини або замітники електронних платіжних систем.

Доведено, що криптовалюти демонструють певні відмінності від електронних платіжних систем, а саме: фіксовану емісію криптовалюти, динамічну ціни транзакції, динамічний попит на криптовалюти, потенційну неможливість регулювання, високу волатильність, фіксований час проходження транзакції, спекулятивну забезпеченість певних криптовалют тощо.

Якщо підприємство залишає криптовалюту на рахунку, коли має можливість продати її або розрахуватися з контрагентами, то дане питання має бути розглянуто у дослідженнях, що вивчають криптовалюту як альтернативну інвестицію або вивчають питання збереження ефективного валютного баланса на підприємстві. Наразі криптовалюти використовуються на певній ланці підприємств: як на підприємствах електронної комерції, так і на підприємствах, що реалізують власну діяльність у реальному світі, не у глобальній мережі. Прикладом використання криптовалют для розрахунків у офлайн є нещодавня популярність криптовалют у Туреччині [1], спричинена падінням вартості національної валюти, а також популярність криптовалют в розрахунках у Венесуелі, спричинена гіперінфляцією національної валюти [2]. Це говорить про актуальність використання криптовалют українськими підприємствами електронної комерції.

Варто зазначити, що криптовалюти вже мають певне використання у електронних платіжних системах, але це використання не має характер системного та стабільного рішення, а здебільшого нагадує маркетинговий хід деяких підприємств: акції від Burger King та Coca cola з унікальними подарунками для тих, хто використав криптовалюту для розрахунків. На даний момент найбільші підприємства світу станом на лютий 2021 року, що використовують криптовалютні розрахунки у електронній комерції, використовують таких лідерів ринку провайдерів криптовалютних платежів як BitPay, Coinbase, Flexa, або створюють власні інтеграції з мережами криптовалют.

Висновки. Доведено, що підприємства електронної комерції, що спеціалізуються на реалізації споживчих товарів, можуть використовувати криптовалютні розрахунки у Bitcoin - 50% транзакцій та у Ethereum 65% транзакцій для зменшення вартості транзакції у порівнянні з електронною платіжною системою LiqPay.



**Література.**

1. Crypto Is Not Regulated in Turkey, and It's Thriving [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.coindesk.com/turkey-doesnt-regulate-crypto-its-thriving>
2. Venezuela's Bitcoin Story Puts It in a Category of One [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.coindesk.com/bitcoin-adoption-venezuela-research>

УДК 681. 518

**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ З НАДАННЯ ПОСЛУГ АРЕНДИ  
АВТОМОБІЛЕЙ**

**К.Т.Н., Шпінковський О.А.** <sup>[0000-0002-7000-0327]</sup>, **к.т.н., Шпінковська М.І.**  
<sup>[0000-0003-1679-6341]</sup>, **Діхтяр Н.С.** <sup>[0000-0001-6818-6858]</sup>

*E-mail: alexandr.szpinkowski@gmail.com*

**INFORMATION SYSTEMS FOR CAR RENTAL SERVICES  
Ph.D. Shpinkovski O.A. Ph.D. Shpinkovska M.I., Dikhtiar N.S.**

***Анотація.** У роботі визначено важливість якісного оформлення в оренду авто. Розглянуто декілька відомих систем оренди та зроблено їх порівняльний аналіз для подальшого створення нової системи.*

***Ключові слова:** інформаційні системи, оренда, автомобіль.*

***Abstract.** The paper identifies the importance of quality car rental. Several well-known rental systems are considered and their comparative analysis is made for further creation of a new system.*

***Keywords:** information systems, rent, car.*

Суспільство використовує сучасні технології для зручності та економії часу, швидкого збирання та обробки потрібної інформації в сучасному динамічному світі.

На сьогоднішній день оренда автомобілів – це послуга, яка збільшує свою популярність з кожним роком та активно розвивається. Багато людей все частіше вважають, що краще, вигідніше користуватись орендованим авто, ніж придбати власне.

Це відбувається через те, що дана послуга надає такі можливості як: комфортні умови оренди, великий вибір авто, тимчасову заміну власного

автомобіля, швидке бронювання та доставку авто, зручні можливості для туристів у новому місті або країні.

Послуга оренди стала настільки популярною, що у липні – серпні 2021 року з четверга до понеділка неможливо було оформити оренду, бо не вистачало машин економ та середнього класу.

Після тривалого пошуку можна було знайти хіба що поодинокі авто преміум класу.

Отже, зараз важливою послугою є швидка та зручна оренда авто. Важливим помічником користувачу стане інформаційна система, яка дозволить швидко обрати необхідний автомобіль та легко оформити його оренду. Таким чином, розробка інформаційної системи для оренди авто онлайн є актуальною.

Пропонується, для подальшого проектування та розробки власної системи онлайн оренди автомобілів, провести аналітичний огляд існуючих. Наступні системи були детально проаналізовані, а саме за допомогою порівняння принципів роботи та програмної складової:

Mobilecar – мобільний застосунок для похвилинної оренди електроавтомобілів в Одесі.

Дана компанія пропонує оренду екологічно чистого, безшумного та сучасного автомобіля.

Для користування даною системою необхідно завантажити застосунок на мобільний телефон, пройти реєстрацію, мати водійські права та стаж водіння не менш двох років [1]. У мобільному застосунку можна знайти вільні для оренди автомобілі, забронювати зручний для користувача та здійснити онлайн оплату.

Getmancar – мобільний застосунок для оренди авто в Києві. Даний застосунок дає змогу користувачам обрати будь-яке вільне авто, але немає змоги замовити його доставку в певне місце [2].

Після завантаження застосунку та проходження реєстрації з'являється мапа, на якій відображаються вільні для оренди авто. Місце знаходження авто обрати неможливо, отже користувач переглядає вільні авто, що знаходяться найближче до нього.

Rental.ua – сайт для оренди автомобілів, представлена по всій Україні. Користувач може обрати будь-яке авто серед запропонованих та ознайомитися з його характеристиками [3]. На сайті можна здійснити оплату та забрати авто у зазначеному місці або замовити доставку. Також користувач може обрати додаткові послуги та опції за окрему плату. Вартість авто залежить від марки та стану.

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції  
 «ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
 23 - 25 вересня 2021 р., Одеса

7cars.com.ua – сайт для оренди автомобілів. Автопарк містить 100 машин від «Економ» до «Бізнес» класу.

Дана компанія також надає послуги оренди автомобіля з водієм, трансфер VIP класу. Кожна машина має страховку, технічна підтримка працює цілодобово [4].

В результаті дослідження систем-аналогів можна побачити, що вони мають значні відмінності, що відображено у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати порівнянь систем-аналогів

Ознаки	Назва застосунку			
	Mobilecar	Getmancar	Rental.ua	7cars.com.ua
Відстеження вільних авто	+	+	+	+
Можливість оренди та оплати онлайн	+	+	+	+
Можливість вказування критеріїв	-	-	+	+
Зручний інтерфейс сайту	+	-	-	+
Можливість замовлення доставки авто	-	-	+	+
Надання знижок постійним клієнтам	-	-	+	-

Розроблювана система повинна мати спільний функціонал з наведеними вище аналогами, і містити доповнення. Головною відмінністю буде можливість швидкого підбору особистого авто за певними критеріями, нарахування знижок постійним клієнтам та можливість відстеження місця знаходження авто.

### Література

1. Mobilecar: веб-сайт. URL: <https://mobilecar.com.ua> (дата звернення: 30.08.2021).
2. Getmancar: веб-сайт. URL: <https://getmancar.com.ua> (дата звернення: 30.08.2021).
3. Rental.ua: веб-сайт. URL: <https://rental.ua> (дата звернення: 30.08.2021).
4. 7cars: веб-сайт. URL: <https://7cars.com.ua> (дата звернення: 30.08.2021).

УДК 004.4

### ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ ТА ТЕКСТОВОГО КОНТЕНТУ

Попроцька-Плачинда Д.І. <sup>[0000-0001-8804-6852]</sup>,  
к.т.н. Рудниченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>, Павлов О.О. <sup>[0000-0022-6722-1274]</sup>  
*E-mail: poprotskayd@gmail.com, nickolay.rud@gmail.com,*  
*pavlovoleg@gmail.com*

### APPLICATION OF THE NEURAL NETWORK TO SOLVE THE PROBLEM OF PATTERN RECOGNITION AND TEXT CONTENT Poprotska-Plachynda D.I., Ph.D. Rudnichenko N.D., Pavlov O.O.

*Анотація.* У роботі наведені результати розробки і дослідження програмного застосування розпізнавання образів та текстового контенту на базі штучних нейронних мереж.

*Ключові слова:* штучні нейронні мережі, розпізнавання образів, розпізнавання тексту, аналіз даних.

*Abstract.* The paper presents the results of development and research of software application of pattern recognition and text content based on artificial neural networks.

*Keywords:* artificial neural networks, pattern recognition, text recognition, data analysis.

Розпізнавання образів та текстового контенту — складний та трудомісткий процес. Для вирішення даної задачі був використаний метод розпізнавання образів та тексту — штучні нейронні мережі (ШНМ). Нейронні мережі – це великий прорив в сучасному розвитку інформаційних технологій. Вони мають застосування в великій кількості різноманітних сфер діяльності людини, наприклад: аналізі та класифікації даних за заданими параметрами, формуванні аналітичних прогнозів, порівнянні та розпізнаванні ідентичних даних, розпізнаванні образів [1]. Для знаходження найбільш продуктивної в роботі ШНМ, було спроектовано та проведено аналіз різних архітектур нейронних мереж, а саме: багатосаровий перцептрон; згорткові нейромережі; рекурентні нейронні мережі. Була сформована навчальна та тестова вибірка, були підібрані відповідні параметри ШНМ для досягнення найбільш достовірного результату розпізнавання образів та текстового контенту. Кожна розглянута архітектура допомагає досягти мети, яку ставить перед собою розробник, з високою точністю [2]. Для розробки програмного застосування був визначений стек технологій, які надають можливість розробки клієнтської та серверної частини. Для зберігання даних користувача використовується СУБД PostgreSQL, яка надає великий спектр можливостей. Для реалізації серверної частини була обрана мова програмування Python, яка відрізняється високою продуктивністю, легкістю в використанні, підтримкою великої кількості бібліотек, що значно спрощує процес розробки. Для побудови ШНМ розпізнавання образів та тексту, було використано бібліотеку наскрізного машинного навчання Python — TensorFlow. Для розширення можливостей розпізнавання, була обрана бібліотека Keras, яка працює спільно з TensorFlow, надаючи більший спектр дії. Для роботи з даними, обробкою та аналізом даних було використано бібліотеки з відкритим вихідним кодом — NumPy та Pandas [3]. Для розробки клієнтської частини була обрана мова програмування TypeScript (TS — мова програмування розроблена Microsoft, вона є типізованою надмножиною мови JavaScript, і включає власний компілятор) з фреймворком React v16.13.1 (бібліотека для створення користувацьких інтерфейсів) [4]. Для відображення ефективності роботи обраних нейронних мереж при розпізнаванні образів та тексту, була підключена бібліотека Victory — це набір модульних компонентів діаграми для React та React Native [5].

Висновки. При розробці програмного застосування розпізнавання образів та текстового контенту, основним є дослідження ШНМ на базі параметрів, які відповідають за достовірність результату. Відповідно до

обраного стеку технологій, було розроблено програмне застосування, з можливістю безпосереднього аналізу роботи розпізнавання образів та тексту.

### Література

1. Як працюють нейронні мережі? [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://apers.kpi.ua/neural-networks>.
2. Попроцька-Плачинда Д.І. Аналіз архітектури штучних нейромереж для розпізнавання образів та тексту/ Попроцька-Плачинда Д. І., Рудніченко М. Д., Козлов А. Ю. // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 23 квітня 2021 р. — Одеса, 2021. — С.26-27.
3. Топ 8 бібліотек Python для машинного обучения и искусственного интеллекта. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://pythonist.ru/top-8-bibliotek-python-dlya-mashinnogo-obucheniya-i-iskusstvennogo-intellekta/>.
4. React. Docs. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://reactjs.org/docs/getting-started.html>.
5. Victory. Docs. [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://formidable.com/open-source/victory/docs>.

УДК 004.056

### IMPROVED ENCRYPTION BASED ON SMALL REE GROUPS

**Dr.Sci. Gennady Khalimov**<sup>1</sup> [0000-0002-2054-9186],

**Ph.D. Yevgen Kotukh**<sup>2</sup> [0000-0003-4997-620X]

**Svitlana Khalimova**<sup>1</sup> [0000-0001-7224-589X],

**Ph.D. Oleksandr Sievierinov**<sup>1</sup> [0000-0002-6327-6405]

**Ph.D. Oleksii Liashenko**<sup>1</sup> [0000-0002-0146-3934],

**Oleksandr Marukhnenko**<sup>1</sup> [0000-0002-0146-3934]

**Abstract.** The article describes a new implementation of an encryption scheme based on the small Ree groups. Our suggestion is to use the small Ree groups for encryption on the full group with associated keys and brute force attack complexity. We have extended the logarithmic signature to the entire Ree group and changed the encryption algorithm to bind the logarithmic signature keys and protect against a sequential recovery attack.

**Keywords:** MST cryptosystem, logarithmic signature, random cover, small Ree groups.

Cryptosystems in the post-quantum period should not have vulnerabilities based on the problem of factorization of large numbers and discrete logarithms. One of the promising areas is the use of cryptosystems on non-commutative groups. The concept of cryptosystems based on the unsolvable problem of words in groups and semigroups was proposed by Wagner and Magyarik [1]. All known proposals are based on the calculation of logarithmic signatures in the center of the group. The next step is the implementation of MST3 cryptosystems on a wide class of multiparameter groups and the construction of logarithmic signatures on the entire group [2–5]. The use of multiparameter groups allows you to optimize the overhead costs, to reduce the memory consumption for the implementation of a logarithmic signature, to increase the speed of computing the encryption (decryption) algorithm without decreasing the cryptographic strength. At the moment, the results of quantum cryptanalysis of MST3 cryptosystems are not known. Preliminary estimates show that the application of random coverings and secret vectors in the MST3 implementation leads the cryptanalysis problem to Grover's algorithm. We propose an encryption scheme based on the small Ree groups. MST3 cryptosystem is based on the cover that called logarithmic signature with computing on the non-commutative group. Logarithmic signature as a representation is given in [2]. MST3 cryptosystem realization on a small Ree group uses the idea that good implementation and secrecy parameters can be obtained on a large-order multiparameter group. The small Ree group is defined over a finite field  $F_q$ ,  $q = 3^{2m+1}$  for some  $m > 0$  and

$t = 3^m$  as [12]  $\text{Ree}(q) = \langle \alpha(x), \beta(x), \gamma(x), h(\lambda), I^- \mid x \in F_q, \lambda \in F_q^\times \rangle$ . The

subgroup  $U(q)$  for the group  $\text{Ree}(q)$  of upper triangular matrices has the representation  $U(q) = \langle \alpha(x), \beta(x), \gamma(x) \mid x \in F_q \rangle$ . Each element of  $U(q)$  can be expressed uniquely  $S(a, b, c) = \alpha(a)\beta(b)\gamma(c)$ , so

$U(q) = \{S(a, b, c) \mid a, b, c \in F_q\}$ , and it follows that  $|U(q)| = q^3$ . Also,  $U(q)$  is a Sylow 3 – subgroup of  $\text{Ree}(q)$ , and direct calculations show that

$$S(a_1, b_1, c_1)S(a_2, b_2, c_2) = S(a_1 + a_2, b_1 + b_2 - a_1 a_2^{3t}, c_1 + c_2 - a_2 b_1 + a_1 a_2^{3t+1} - a_1^2 a_2^{3t}),$$

$$S(a, b, c)^{-1} = S(-a, -b - a^{3t+1}, -c - ab + a^{3t+2}).$$

The center  $Z(U(q)) = \{S(0,0,c) \mid c \in F_q\}$ . The subgroup  $U(q)$  for the small group  $\text{Ree}(q)$  has a greater  $\text{ord}U(q) = q^3$  than the orders of the Suzuki groups. Suzuki groups, which appear in MST3 cryptosystems, are isomorphic to the projective linear group  $PGL(3, F_q)$ , where  $q = 2q_0^2$ ,  $q_0 = 2^n$  and has order  $q^2$ . The proposal and correct implementation of the encryption scheme based on a small Ree group  $\text{Ree}(q)$  was shown in [5]. The considered encryption has several significant disadvantages. Our suggestion is to use the small Ree groups for the encryption on a full group  $U(q) = \{S(a,b,c) \mid a,b,c \in F_q\}$  with bind keys  $R = (R_1, R_2, R_3)$  and brute force complexity equal to  $q^3$ . We also have considered brute force attacks of key recovery  $R = (R_1, R_2, R_3)$ , ciphertext  $y_2$ , ciphertext  $y_3$ ,  $(t_{0(k)}, \dots, t_{s(k)})$  and we found that the overall complexity of the attack realization is equal  $q^3$ . For a practical attack, the message  $m$  is also not known and has uncertainty for choice  $q^3$ . This makes a brute-force attack on a key infeasible. If we take an attack model with a known text, then the complexity of the attack remains equal to  $q^3$ .

We have presented the advantage of using the small Ree groups for encryption on a complete group  $U(q) = \{S(a,b,c) \mid a,b,c \in F_q\}$  with bound keys  $R = (R_1, R_2, R_3)$  and brute force complexity equal to  $q^3$ . We have extended the logarithmic signature to the entire Ree group  $U(q) = \{S(a,b,c) \mid a,b,c \in F_q\}$ , with  $|U(q)| = q^3$  and changed the encryption algorithm in such a way as to bind the keys of the logarithmic signatures and protect against sequential recovery attacks.

### References

1. S. S. Magliveras, "A cryptosystem from logarithmic signatures of finite groups," in Proceedings of the 29th Midwest Symposium on Circuits and Systems, pp. 972–975, Elsevier Publishing, Amsterdam, The Netherlands, 1986.
2. G. Khalimov, Y. Kotukh, S. Khalimova "MST3 cryptosystem based on the automorphism group of the hermitian function field" // IEEE International



Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, pp. 865–868.

3. G. Khalimov, Y. Kotukh, S.Khalimova “MST3 cryptosystem based on a generalized Suzuki 2 - Groups” // CEUR Workshop Proceedings, 2020, 2711, pp. 1–15.

4. G. Khalimov, Y. Kotukh, S.Khalimova “Encryption scheme based on the automorphism group of the Ree function field” The 7th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS 2020) Paris, France. December 14-16, 2020 Date Added to IEEE Xplore: 02 February 2021 ISBN Information: DOI: 10.1109/IOTSMS52051.2020.9340192

5. G.Khalimov, Y.Kotukh, I.Didmanidze, S.Khalimova “Encryption scheme based on small Ree groups” 2021 7th International Conference on Computer Technology Applications (ICCTA 2021) July 13-15, 2021 Vienna, Austria

УДК 004.055

### ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОТИПНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Ph.D. Ухина А.В.<sup>1</sup> [0000-0003-3797-1460], д.т.н. Ситников В.С.<sup>2</sup> [0000-0003-3229-5096],  
к.т.н. Стрельцов О.В.<sup>3</sup> [0000-0002-4691-5703],

к.т.н. Ступень П.В.<sup>4</sup> [0000-0003-1952-6144], д.т.н. Кудря В.Г.<sup>5</sup> [0000-0001-6839-8287]

E-mail: <sup>1</sup>ukhinanna@gmail.com, <sup>2</sup>sit-nvs@gmail.com, <sup>3</sup>ovstreltsov@gmail.com,  
<sup>4</sup>stek2000@gmail.com, <sup>5</sup>kyg@opu.ua

### APPLICATION OF SINGLE-TYPE FILTERS FOR ANALOGUE AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Ph.D. Ukhina H.V., Dr.Sci. Sytnikov V.S., Ph.D. Streltsov O.V., Ph.D.  
Stupen P.V., Dr.Sci. Kudria V.G.

**Аннотация.** работе рассматривается влияние значений фазочастотной характеристики при расчете коэффициентов передаточной функции частотно-зависимого компонента в роботизированных системах.

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0, комплексная перестройка характеристик, коэффициенты передаточной функции.

**Abstract.** The paper considers the influence of the phase response values when calculating the frequency-dependent component transfer function coefficients in robotic systems.

**Keywords:** Industry 4.0, complex rearrangement characteristics, transfer function coefficients.

Современное развитие «умных» систем, как в робототехнике, так и при построении специализированных компьютерных систем требует наличие в составе системы компонентов с возможностью перестройки своих характеристик в зависимости от условий функционирования. При построении аналоговой части обработки сигналов датчиков приходится решать задачу по изменению частоты среза, а также повышения крутизны спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Построение фильтров высокого порядка сложно. Поэтому в большинстве случаев применяют каскадное соединение фильтров низкого порядка, например, второго [1].

Известно, что при каскадном соединении передаточные функции перемножаются [2]

$$H(p) = \prod_{i=1}^n H_i(p),$$

где  $H(p)$ ,  $H_i(p)$  - итоговая и  $i$ -я передаточные функции.

При перемножении передаточных функций их АЧХ, как бы, «сжимается», при этом частота среза сдвигается в область низких частот и увеличивается крутизна спада характеристики.

При исследовании выполнено каскадное соединение десяти однотипных базовых фильтров. Для фильтра Баттерворта второго порядка такая зависимость хорошо аппроксимируется уравнением вида

$$F = F_0 N^{-0.27}, \quad (1)$$

где  $F_0$  – частота среза базового фильтра второго порядка (1000 Гц),  $F$  – частота среза фильтров при  $N$  каскадном соединении базовых фильтров

Исходя из формулы (2) можно найти соотношение, позволяющее определить частоту среза базового фильтра по частоте среза соединения  $F_0$  из  $N$  соединенных фильтров второго порядка

$$F = F_0 N^{0.27}. \quad (2)$$

При каскадном соединении фильтров Чебышева первого рода и эллиптического вид АЧХ становится сложнее из-за наличия уровня колебательности в полосе пропускания.

Частоты среза смещаются в область низких частот неравномерно, аналогично фильтру Баттерворта. Однако частота пика не сдвигается, т.к. все фильтры каскадного соединения однотипные.

В полосе пропускания уровень колебательности возрастает, что затрудняет прохождению сигнала в полосе пропускания.

У эллиптического фильтра в полосе подавления уровень подавления также возрастает.

Таким образом, каскадное соединение фильтров Чебышева первого рода и эллиптического не позволяет повысить порядок фильтра без существенных искажений АЧХ в полосе пропускания.

Аналогично было показано у аналоговых фильтров.

На основе полученных результатов можно отметить, что для каскадного соединения однотипных фильтров следует использовать базовые фильтры с плоской АЧХ в полосе пропускания.

Такими фильтрами являются фильтры Баттерворта и Чебышева второго рода.

Как и во всех задачах, уровень аппроксимации выбирается из расчет относительной погрешности не более 1%, так и при разложении в степенной ряд количество слагаемых выбирается из этой погрешности.

### Литература

1. Ch. Schuster, A. Wiens, "Performance Analysis of Reconfigurable Bandpass Filters With Continuously Tunable Center Frequency and Bandwidth", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 65, i. 11, 2017, pp. 4572 – 4583.

2. M. Rais-Zadeh, J. Fox, D. Wentzloff, Y. Gianchandani, "Reconfigurable radios: a possible solution to reduce entry costs in wireless phones", Proceedings of the IEEE, vol. 103, 2015, pp. 438–451.

**Секция 2. Интеллектуальные системы и анализ данных**

УДК 519.24:004.89

**УПРАВЛЕНИЕ ОБРАБОТКОЙ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ**

Д.т.н. Архипов А.Е. <sup>1</sup> [0000-0001-6832-2223]

к.т.н. Архипова С.А. <sup>2</sup> [0000-0002-3116-0731]

E-mail: <sup>1</sup>sonet0515@gmail.com , <sup>2</sup>arsofi@ukr.net

**MANAGEMENT EXPERT DATA PROCESSING**

**Dr.Sci. Arkhipov O.Ye., Ph.D. Arkhipova S.A.**

**Аннотация.** Рассмотрены точностные аспекты обработки данных серии групповых экспертиз. Попытка формулировки и решения задачи оптимизации обработки приводит к конфликтной ситуации, обусловленной неполнотой необходимых сведений о характеристиках обрабатываемых данных. Предложена схема извлечения недостающих сведений непосредственно в ходе обработки данных, позволяющая адаптировать методы обработки к характеристикам реальных данных.

**Ключевые слова:** групповая экспертиза, экспертные данные, адаптивный подход, методы обработки данных.

**Abstract.** Precision aspects of data processing of a series of group examinations are considered. An attempt to formulate and solve the processing optimization problem leads to a conflict situation due to the incompleteness of the necessary information about the characteristics of the data being processed. A scheme for extracting missing information directly in the course of data processing is proposed, which makes it possible to adapt processing methods to the characteristics of real data.

**Keywords:** group expertise, expert data, adaptive approach, data processing methods.

Анализируются возможности оптимизации точности обработки данных групповой экспертизы в зависимости от способа описания и характера сведений о механизме возникновения ошибок экспертов, их компетентности и применяемых методов обработки данных.

В практике обработки экспертных данных сложилась и закрепились негативная тенденция: специалист, «потребляющий» экспертные данные, сам решает вопросы обоснования выбора методологии их обработки,

действуя при этом весьма субъективно, фактически подгоняя свои выводы под заранее намеченные им методы обработки. Как правило, это прозрачные и простые в понимании методы, не требующие применения сколь-нибудь сложных технологий обработки. При этом точностные аспекты обработки, являясь формально приоритетными, уступают тенденции к упрощению процедуры обработки, минимизации затрат на ее оптимизацию.

Модель экспертной группы, предполагающая равновысокую компетентность состава экспертов, обеспечивающую несмещенность индивидуальных экспертных оценок и низкий уровень их случайных ошибок, позволяет постулировать нормальность погрешности экспертных данных и доказательно обосновать оптимальность оценки выборочного среднего. Этот простейший, но во многих случаях не лучший способ обработки – результат подгонки модели ошибок под заранее заданное формально-теоретическое описание с целью имитации доказуемости выбора метода обработки. Подобный вариант выбора метода обработки назван нулевым уровнем адаптации.

Использование более реалистичной модели экспертной группы, включающей экспертов разной компетентности, обеспечивает первый уровень адаптации (при определенных допущениях оптимальной оценкой здесь будет выборочная медиана [1]). Учет индивидуальных особенностей экспертов [2] ведет ко второму и более высоким уровням адаптации [3]. Каждому повышению уровню адаптации, начиная с первого, соответствует совершенствование процедуры обработки данных. Это в свою очередь обеспечивает получение дополнительной информации о свойствах экспертных данных и характеристиках экспертов, создавая предпосылки для нового (очередного) шага адаптации обработки.

В итоге формируется итеративная технологическая схема адаптивной обработки данных. В работе описываются возможные уровни адаптации, их содержательный аспект, методы накопления и хранения информации о свойствах экспертных данных и характеристиках экспертов, рассмотрены критерии и методология принятия решений о методах обработки данных и формах их реализации.

#### **Литература**

1. Архипов А.Е., Архипова С.А. Обобщенная модель случайных погрешностей групповой экспертизы // Системные технологии, Региональный межвузовский сборник научных работ. Вип. 4(87), Днепропетровск, 2013, с. 3-10. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/st\\_2013\\_4\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2013_4_4)

2. Архипов А.Е., Архипова С.А. Оценка уровня компетентности экспертов по результатам многообъектной экспертизы // Экономика та держава, № 6/2015, с. 29-33.

[http://www.economy.in.ua/pdf/6\\_2015.pdf](http://www.economy.in.ua/pdf/6_2015.pdf)

3. Архипов А.Е. Построение оптимальных групповых оценок // Сб. "Адаптивные системы автоматического управления", Киев: Техника, 1989, №17, с. 75-78.

УДК 004.519

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНОК РИСКА ОТКАЗОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Д.т.н. Вычужанин В.В.** [0000-0002-6302-1832], **Вычужанин А.В.** [0000-0001-8779-2503]  
*E-mail: vint532@yandex.ua*

## **INTELLIGENT SYSTEM FOR ASSESSING THE RISK OF FAILURES OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS Dr.Sci. V. Vychuzhanina, A. Vychuzhanin**

**Аннотация.** Исследуется интеллектуальная система диагностики, прогнозирования оценки риска отказов проектируемых и эксплуатируемых сложных технических систем, использующая данные о вероятностях и повреждениях от отказов элементов и межэлементных соединений, входящих в состав систем. Новый разработанный метод применяется в интеллектуальной системе, а также в когнитивно-имитационных, нечетко-вероятностных моделях для оценки структурного и функционального риска отказов взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и межэлементных связей сложных технических систем. База знаний интеллектуальной системы основана на модели дерева решений и сформирована с учетом результатов когнитивного и нечетко-вероятностного моделирования, что позволяет рассматривать сценарии межэлементных связей и элементов систем, риск отказов. Использование разработанных методов и моделей в интеллектуальной системе позволяет оценивать надежность систем по результатам повреждающего воздействия каждого элемента в аварийных сценариях на структуру системы, а также прогнозировать последствия от отказов межэлементных связей систем и элементов. Применение разработанного метода и моделей позволит

принимать эффективные управленческие решения для обеспечения надежности систем на уровне их проектирования и эксплуатации.

**Ключевые слова:** сложная техническая система, диагностика, прогнозирование, интеллектуальная система, когнитивные и нечеткие вероятностные модели, база знаний.

**Abstract.** An intellectual system of diagnostics, predicting the risk assessment of failures of designed and operated complex technical systems, using the data of probabilities and damages from failures of elements and inter-element connections included in the systems, is researched. New developed method is applied in the intellectual system, as well as cognitive-imitation, fuzzy-probabilistic models for assessing the structural and functional risk of failures of interconnected and interacting elements and inter-element connections of complex technical systems. The knowledge base of the intelligent system is based on the decision tree model and is formed taking into account the results of cognitive and fuzzy-probabilistic modeling, which allows to consider the scenarios of the systems inter-element connections and elements failure risk. The use of the developed methods and models in the intellectual system makes it possible to assess the reliability of systems based on the results of the damaging effect of each element in emergency scenarios on the structure of the system, as well as to predict the consequences of systems inter-element connections and elements failure. Application of the developed method and models will make it possible to take effective management decisions to ensure the reliability of systems at the level of design and operation of technical systems.

**Keywords:** complex technical system, diagnostics, forecasting, intelligent system, cognitive and fuzzy probabilistic models, knowledge base.

Эффективность функционирования сложных технических систем (СТС) во многом зависит от надежности их взаимосвязанных, взаимодействующих элементов, межэлементных связей (МС). Обеспечение надежности возможно применением методов, средств диагностики и прогнозирования технического состояния систем на стадиях проектирования и эксплуатации СТС [1,2]. Оценка технического состояния элементов и МС основывается на анализе риска отказов СТС, сочетающего вероятности и возможный ущерб от отказов [3-5].

Применение информационно – аналитических и интеллектуальных возможностей в системах диагностики и прогнозирования с определением уровня надежности позволяют осуществлять качественное проектирование

и обслуживание оборудования СТС. Использование интеллектуальной системы диагностики и прогнозирования (ИСДП) риска отказов СТС, базирующейся на знаниях, быстрой обработке и анализе больших объемов разнородной информации обеспечивает адекватный подход к проектированию, надежной эксплуатации, и осуществит качественную диагностику систем. актуальным при построении ИСДП риска отказов элементов и МС взаимосвязанных и взаимодействующих СТС является дальнейшее развитие методов когнитивно-имитационного и нечетко-вероятностного моделирования, использование в качестве основы базы знаний (БЗ) моделей решающих деревьев. Метод диагностики и прогнозирования предполагает определение оценки риска отказов СТС на основе разнородной информации различного объема и содержания. Метод реализуется в схеме ИСДП, включающей когнитивные и нечеткие модели оценок риска отказов элементов СТС, БЗ и база данных (БД). В предлагаемой ИСДП база знаний использует результаты нечеткого и когнитивного моделирования, а также сценарии развития риска отказов СТС, возникающих при проектировании и эксплуатации СТС.

Разработанная когнитивно-имитационная модель (КИМ) отражает прямую зависимость риска отказов элементов и МС от их положений в структуре системы, а также зависимость всей СТС от выбранной топологии на этапе ее проектирования.

Преимуществом метода является его простота, наглядность и возможность применения для оценок риска отказов широкого класса СТС. Процедуры метода легко формализуются и трансформируются в вычислительный алгоритм и модель для оценок риска отказов, что важно для СТС с большим количеством элементов и МС. Учитывая, что объекты диагностики технического состояния часто состоят из разнообразных СТС, для части которых применение КИМ для оценок риска отказов элементов и МС затруднительно из-за неопределенности, неполноты и нечеткости информации, получаемой системами диагностики и прогнозирования их технического состояния, целесообразно в ИСДП дополнительно, помимо когнитивного моделирования, использовать нечетко-вероятностные модели.

Разработана интеллектуальная система диагностики, прогнозирования оценок риска отказов проектируемых и эксплуатируемых взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, межэлементных связей сложных технических систем, основанная на применении метода и когнитивно-имитационной, нечетко-вероятностной моделей оценок риска отказов. База знаний интеллектуальной системы построена на основе методологии



когнитивного и нечетко-вероятностного моделирования, модели решающих деревьев, что позволяет учитывать сценарии развития риска отказов элементов и межэлементных связей систем.

Применение в интеллектуальной системе разработанных метода и моделей позволяет оценить надежность систем по результатам воздействий поражающего влияния каждого элемента в аварийных сценариях на структуру системы, а также прогнозировать последствия выхода из строя элементов и межэлементных связей систем.

Применение разработанного метода и моделей позволит принимать эффективные управленческие решения по обеспечению надежности систем, как при проектировании, так и при эксплуатации сложных технических систем.

### Литература

1. V. Vychuzhanin, N. Rudnichenko, Methods of information technologies in the diagnosis of the state of technical systems. Monograph, Ecology, 2019.
2. N. Rudnichenko, V. Vychuzhanin, A. Polyvianchuk, V. Mateichyk, Complex technical system condition diagnostics and prediction computerization, in: Proceedings of The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), CEUR-WS, 2608 (2020) 42-56.
3. N. Rudnichenko, V. Vychuzhanin, V. Mateichyk, A. Polyvianchuk, Complex Technical System Condition Diagnostics and Prediction Computerization, in: Proceedings of The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), CEUR-WS, 2608 (2020) 1-15.
4. V. Vychuzhanin, N. Rudnichenko, N. Shibaeva, Y. Kondratenko, Cognitive-impulse model for assessing complex technical systems survivability, in: Proceedings of the 9th International Conference "Information Control Systems & Technologies" (ICST-2020), CEUR-WS, 2711 (2020) 571-585
5. V. Vychuzhanin, N. Rudnichenko, Z. Sagova, M. Smieszek, V. Cherniavskiy, A. Golovan, Analysis and structuring diagnostic large volume data of technical condition of complex equipment in transport, 24th Slovak-Polish International Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations - MMS 2019, Liptovský Ján, Slovakia.

УДК 519.234

**НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ТОЧКИ  
РАЗЛАДКИ НА ОСНОВЕ ГИПОТЕЗЫ ХИЛЛА**

**Д..м.н. Ключин Д.А.** <sup>[0000-0003-4554-1049]1</sup>,

**Мартыненко И.А.** <sup>[0000-0003-0249-4887]2</sup>

*E-mail:* [DOKMED5@GMAIL.COM](mailto:DOKMED5@GMAIL.COM), [martia@rambler.ru](mailto:martia@rambler.ru)

**NONPARAMETRIC CHANGE POINT DETECTION USING HILL'S  
ASSUMPTION**

**Dr.Sci. Klyushin D.A., Martynenko I.A.**

**Аннотция.** Предлагаются новые варианты непараметрического критерия для обнаружения точки разладки временного ряда, т.е. точки, до и после которой значения временного ряда имеют разные функции распределения. Критерии основаны на гипотезе Хилла и схеме Матвейчука–Петунина, представляющей собой обобщение схемы Бернулли.

**Ключевые слова:** временной ряд, точка разладки, гипотеза Хилла, критерий Ключина–Петунина, схема Бернулли

**Abstract.** We propose novel nonparametric tests for detecting the point of change in the trend of the time series, i.e. points, before and after which the points of the time series have different distributions. These tests use the Hill's assumption and the Matveychuk–Petunin scheme, which is a generalization of the Bernoulli scheme.

**Keywords:** Time series, change point, Hill assumption, Klyushin–Petunin test, Bernoulli scheme

Пусть  $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$  — вариационный ряд, построенный по выборке  $x$ , состоящей из одинаково распределенных симметрично зависимых случайных величин без совпадений. Гипотеза Хилла [1] утверждает:

$$P\left(x \in \left(x_{(i)}, x_{(j)}\right)\right) = \frac{j-i}{n+1}, \quad i < j.$$

Этот факт можно использовать для проверки однородности двух выборок  $u$  и  $v$ . Нулевая гипотеза  $H_0$  заключается в том, что обе выборки

имеют одинаковое распределение, в то время как альтернативная гипотеза  $H_1$  утверждает обратное. Рассмотрим событие  $A_{ij} = \left\{ v_k \in (u_{(i)}, u_{(j)}), v_k \in V \right\}$  и определим его относительную частоту  $h_{ij}$ . Если нулевая гипотеза является истинной, то  $h_{ij}$  статистически незначимо отличается от  $\frac{j-i}{n+1}$ . В исходном варианте критерий Ключина–Петунина [2] для проверки статистической значимости этого отклонения используется доверительный интервал Вильсона  $I_{ij}$  для биномиальной доли в схеме Бернулли, построенный по  $h_{ij}$ . В данной работе вместо интервала Вильсона предлагается использовать точный доверительный интервал [3], вероятность покрытия которого превышает 0,95, а также упрощенные варианты критерия.

Общее количество доверительных интервалов  $I_{ij}$  равно  $N = (n-1)n/2$ . Обозначим через  $L$  количество интервалов  $I_{ij}$ , содержащих  $p_{ij}$ . Величина  $\rho(x, y) = L/N$  представляет собой относительную частоту случайного события  $B = \{p_{ij} \in I_{ij}\}$ . Эта величина называется *p-статистикой*. Построив доверительный интервал  $I$  для биномиальной доли в схеме Бернулли на основе *p-статистики*, можно сформулировать следующее правило: если доверительный интервал  $I$  содержит 0.95, то принимается гипотеза  $H_0$ , в противном случае нулевая гипотеза отклоняется.

Поскольку число  $N$  может быть достаточно большим, предлагаются два варианта упрощения критерия: 1) случайно выбирать 40 интервалов  $(x_{(i)}, x_{(j)})$ , 2) случайно выбирать 40 интервалов  $(x_{(0)}, x_{(j)})$ . Это гарантирует достаточно высокую точность.

Точка разладки определяется методом скользящего окна. Первая выборка представляет собой фиксированный начальный отрезок временного ряда, а вторая скользит вправо вдоль временного ряда с

определенным шагом. После каждого шага вычисляется мера однородности двух выборок ( $p$ -статистика). Точкой перехода является точка минимума  $p$ -статистики. Экспериментальные вычисления демонстрируют высокую точность предложенного метода.

### Литература

- 1.Hill B. Posterior distribution of percentiles: Bayes' theorem for sampling from a population // Journal of the American Statistician Association. — 1968. — vol. 63. — pp. 677–691.
- 2.Klyushin D., Petunin Yu. A nonparametric test for the equivalence of populations based on a measure of proximity of samples // Ukrainian Mathematical Journal. — 2003 — 55 — pp. 181–198.
- 3.Andrushkiw R., Klyushin D., Petunin Yu., Savkina M. The exact confidence limits for unknown probability Bernoulli models // Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI, 2005. — pp. 164–168.

УДК 004.021

### ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ

Д.т.н. Щербакова Г.Ю. <sup>[0000-0003-0475-3854]</sup>, д.т.н. Крилов В.М. <sup>[0000-0003-1950-4690]</sup>

Медведенко В.О.

*E-mail: Galina\_onpu@ukr.net*

### APPLICATION OF WAVELET TRANSFORMATION FOR ECG ANALYSIS

**Dr.Sci. Shcherbakova G.Yu., Dr.Sci. Krylov V.N., Medvedenko V. O.**

**Анотація.** У роботі наведені основні етапи методу визначення координат екстремумів сигналів електрокардіограм. Цей метод заснований на використанні вейвлет-перетворення при пошуку екстремумів сигналів та дозволяє підвищити завадостійкість та знизити чутливість до локальних екстремумів.

**Ключові слова:** вейвлет-перетворення, мультистартова оптимізація, електрокардіограма.

**Abstract.** The paper present the main stage for method of determining of the coordinates of the extrema of ECG signals. This method based on the wavelet transformation and makes it possible to increase noise resistance and reduce sensitivity to local extrema in time of search extrema of such signals.

**Keywords:** wavelet transformation, multi start optimization, ECG.

Вейвлет-перетворення (ВП) досить широко застосовується при аналізі сигналів та зображень. Актуальним такий підхід є також при аналізі електрокардіограм (ЕКГ). Це зумовлено періодичністю, нестационарним характером таких сигналів (результатів вимірів), а також наявністю в них шумів реєстрації та передачі по лініям зв'язку. Традиційний підхід при такому аналізі передбачає розклад сигналу ЕКГ по набору вейвлет-функцій (ВФ). Такі ВФ є результатом зсуву в часі та зміни масштабу вихідної ВФ. Надалі обирається той розклад сигналу, який відповідає меті дослідження (на розсуд дослідника) та проводиться подальша обробка – а саме, визначаються характерні фрагменти (або характерні точки (екстремуми)) такого сигналу. При цьому часто використовуються методи пошуку екстремуму на основі першої похідної та/або властивість вейвлет перетворення змінювати знак при переході через екстремум з подальшим сортуванням даних. Методи аналізу ЕКГ на основі першої похідної, як відомо, відрізняються низькою завадостійкістю, чутливістю до локальних екстремумів [1], а відомі підходи на основі вейвлет-перетворення – до обробки досить великих обсягів даних. Для підвищення ймовірності визначення глобального екстремуму мультіекстремальних функцій авторами розроблений метод оптимізації, в якому напрям пошуку екстремуму обчислюється за допомогою набору вейвлет-функцій змінної форми і довжини носія (метод мультістартової оптимізації з ВП (МОВП)). Завадостійкість цього методу доведено [2].

В роботі досліджено методику визначення екстремумів (максимумів та мінімумів) сигналів ЕКГ при нестационарному періоді між екстремумами, яка базується на методі МОВП.

В МОВП координату екстремуму оцінюють за ітераційною схемою

$$\mathbf{c}[n] = \mathbf{c}[n - 1] - \gamma[n] \mathbf{WT}_k(\mathbf{Q}(\mathbf{x}[n], \mathbf{c}[n - 1])), \quad (1)$$

де  $\gamma[n]$  – крок;  $n$  – номер ітерації;  $k$  – номер старту;  $\mathbf{WT}_k$  – визначає напрям переміщення до екстремуму та обчислюється згідно:

$$\mathbf{WT}_k(\mathbf{Q}(\mathbf{x}[n], \mathbf{c}[n - 1])) = \{G_{1k}, G_{2k}, \dots, G_{Nk}\}, \quad (2)$$

де  $G_{jk}$  – результат обробки по  $j$ -ій змінній:

$$G_{jk} = \frac{1}{S_k} \sum_{\substack{i=-\frac{S_k}{2} \\ i \neq 0}}^{\frac{S_k}{2}} Q(\mathbf{x}[n], \mathbf{c}_j + ia) \cdot \Psi_k(i), \quad (3)$$

$S_k$  – довжина носія ВФ;  $a$  – крок дискретизації ВФ;  $j=1, \dots, N$  – розмірність вектору параметрів;  $\Psi_k(i)$  – ВФ на  $k$ -ому старті.

На базі цього методу розроблено методику визначення  $R$  – екстремумів ЕКГ та інтервалів між ними з наступними основними етапами.

Етап 1. Вейвлет – перетворення сигналу ЕКГ. Для зниження рівня шуму вихідного сигналу зі збереженням інформації про частоту та просторову локалізацію  $R$ -екстремумів в роботі використано ВФ Добеши [1].

Етап 2. Визначення координат  $R$ -екстремумів з допомогою розробленого методу оптимізації. В якості сигналів для дослідження в роботі обрані сигнали з МІТ/ВІН Arrhythmia Database [3].

Етап 3. Визначення довжини інтервалів між  $R$ -екстремумами для наступної оцінки статистичних характеристик сигналів ЕКГ, класифікації та прийняття діагностичного рішення [3-5].

Висновки. Відносні погрішності при визначенні склали наступні значення: для координат  $R$ - екстремумів не більше 1,4%, для довжини  $RR$  інтервалів - не більше, ніж 2,4%. При дослідженні завадостійкості відносна погрішність визначення довжини  $RR$  інтервалів - менше 4% при відношенні сигнал/завада по амплітуді 20...10.

Таким чином, можна зробити висновок, що розроблена методика визначення координат  $R$  екстремумів ЕКГ володіє погрішністю та завадостійкістю, які відповідають вимогам цієї прикладної задачі.

При подальших дослідженнях планується розробка методики визначенні інших параметрів ЕКГ, оцінка впливу величини кроку  $\gamma[n]$  на оперативність та усунення впливу крайових ефектів на визначення координат екстремумів.

### Література

1. Gonzales R. C. Digital image processing / R. C. Gonzales, R. E. Woods. - Second Edition. - Pearson education, Inc. Prentice Hall, 2002.
2. Щербаківа Г. Ю. Иерархический субградиентный итеративный

метод оптимизации в пространстве вейвлет-преобразования / Г. Ю. Щербакова, В.Н. Крылов В.Н. // Электроника и связь. – 2008. - № 6 (47). – С.28-31.

3.MIT/BIH Arrhythmia Database. Available from: <http://physionet.org/physiobank/database/mitdb/>.

4.SCHILLER ECG Measurement and Interpretation Software for Children and Adult ECGs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.Schiller.ch/en/ECG\\_Interpretation](http://www.Schiller.ch/en/ECG_Interpretation).

5.Marquette 12SL ECG analysis program [Электронный ресурс]. – Режим доступу: [www3.gehealthcare.co/Marquette\\_12SL\\_ECG\\_Analysis](http://www3.gehealthcare.co/Marquette_12SL_ECG_Analysis).

УДК 004.8

### ВИЗНАЧЕННЯ НЕРЕЛЕВАНТНИХ ОЗНАК В МАЛИХ ДАНИХ НА БАЗІ КЛАСТЕРНОГО ПІДХОДУ

Д.т.н. Бармак А. В. <sup>[0000-0003-0739-9678]<sup>1</sup></sup>,  
д.т.н. Крак Ю. В. <sup>[0000-0002-8043-0785]<sup>2</sup></sup>, к.т.н. Манзюк Е. А. <sup>[0000-0002-7310-2126]<sup>1</sup></sup>,  
к.т.н. Мазурець О.В. <sup>[0000-0002-8900-0650]<sup>1</sup></sup>,  
к.е.н Пилипяк О.В. <sup>[0000-0002-3246-3590]<sup>1</sup></sup>

<sup>1</sup>E-mail: [alexander.barmak@gmail.com](mailto:alexander.barmak@gmail.com), [eduard.em.km@gmail.com](mailto:eduard.em.km@gmail.com),  
[exechong@gmail.com](mailto:exechong@gmail.com), [oleksandrpylypiak7@gmail.com](mailto:oleksandrpylypiak7@gmail.com), <sup>2</sup>[krak@univ.kiev.ua](mailto:krak@univ.kiev.ua)

### DETECTION OF OUTLIER FEATURES IN SMALL DATA BASED ON CLUSTERING

**Dr.Sci. Barmak O., Dr.Sci. Krak I., Ph.D. Manziuk E.,  
Ph.D. Mazurets O., Ph.D. Pylypiak O.**

*Анотація.* Детектування нетипових даних та викидів є важливим та складним завданням. Дані які вважаються нетиповими в свою чергу характеризуються набором ознак, які визначають їхню інформативність. Тому пошук ознак, завдяки яким елементи даних вважаються нетиповими є актуальним та необхідним. Ще більш складним завданням є пошук нетипових ознак на множині малих даних, яким можна вважати перехідні дані, тобто ті дані, які розташовані на границях класів при класифікації даних. Дані перехідної зони між класами створюють складності при класифікації та побудові розділення. В цій роботі пропонується метод визначення викидів не релевантних даних базуючись на кластеризації даних класу використовуючи мінімальне остове дерево. Викиди детектуються шляхом мінімізації множини дводольного графа даних

суміжних груп. Запропонований метод дозволяє виявляти викиди на різних множинах ознак, як спільних, так і на ознаках окремих класів.

**Ключові слова:** визначення викидів, мінімальне остове дерево, кластеризація.

**Abstract.** Detection of atypical data and outliers is an important and difficult task. Data that are considered atypical in turn are characterized by a set of features that determine their informativeness. Therefore, the search for features due to which data elements are considered atypical is relevant and necessary. An even more difficult task is to find atypical features on a set of small data, which can be considered transient data, i.e. those data that are located at the boundaries of classes in the classification of data. Transition zone data between classes create difficulties in classifying and constructing discriminant separation. This paper proposes a method for determining outliers and irrelevant data based on the clustering of class data using a minimal spanning tree. Outliers are detected by minimizing the set of bipartite graph data of adjacent groups. This leads to spatial local delimitation and determination of the set of outlier characteristics. The proposed method allows detecting outliers on different sets of features, both common and on the features of individual classes.

**Keywords:** outlier detection, classification, minimum spanning tree (MST), clustering.

Класифікація даних є важливою та відомою частиною машинного навчання. Відомо широке поле методів та підходів класифікації які досить ефективно використовуються для прикладних задач. Посеред різних методів необхідно відмітити однокласову класифікацію (ОКК) яку можна розглядати як базовий вид класифікації, оскільки до неї можна звести інші методи класифікації [1]. При однокласовій класифікації розглядається дані, які відносяться до певного класу та дані поза межами класу.

Оскільки дані характеризуються особливостями відомий ряд підходів по визначенню найбільш впливових  $k$  ознак на взаємне положення даних з використанням  $k$ -середніх [2]. Хороші результати дають використання з використанням графів таких як low-rank граф [3] також з використанням графа Лапласа [4].

Пропонується в цій роботі метод визначення нетипових даних на множині малих даних використовуючи мінімальне остове дерево для кластеризації.

Метою роботи є розробка методу визначення особливостей, які визначають групування даних та утворення кластерів для досягнення



просторового розмежовування даних. Враховуючи розділення на категорії по визначенню викидів даних [4] можна визначити, що існує два головних напрямки: визначення викидів на розмічених даних та на нерозмічених даних. Ці два напрямки визначаються як незалежні та вказують на особливості застосування підходів. В той же час вони мають свої переваги а при одночасному застосуванні на даних результати їх порівняння на прикладі класифікаторів. Використовуючи сумісно ці підходи можна отримати переваги та покращити показники ефективності.

В загальному розглядається задача в такому виді на множині перехідних даних

$$\min_{D_{Trans}} |C_{Supervised} - C_{Unsupervised}| \quad (1)$$

Тобто розглядається задача мінімізації відмінності результатів класифікації між підходами розмічених та нерозмічених даних. Використання регуляризації ознак на множині перехідних даних дозволяє визначити ознаки, які в значній мірі впливають на розмежовування даних. При цьому дані класу при однокласовій класифікації в перехідній зоні утворюють більш компактні області.

Таким чином ці підходи будуть взаємно доповнювати підвищуючи ефективність та компенсуючи помилки класифікації.

### Литература

1. Perera, P., Oza, P., & Patel, V. M. (2021). One-Class Classification: A Survey. arXiv preprint arXiv:2101.03064.
2. X. Zhang, M. Fan, D. Wang, P. Zhou, & D. Tao. Top-k feature selection framework using robust 0-1 integer programming. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. (2020) 1 – 15, doi: 10.1109/TNNLS.2020.3009209.
3. L. Zhuang et al., Constructing a nonnegative low-rank and sparse graph with data-adaptive features. IEEE Trans. Image Process., 24(11), (2015) 3717–3728. doi: 10.1109/TIP.2015.2441632
4. F. Nie, X. Wang, M. I. Jordan, and H. Huang, The constrained Laplacian rank algorithm for graph-based clustering. in Proc. 13th AAAI Conf. Artif. Intell. (AAAI), 30(1), (2016) 1969–1976.
5. Cheng, Z., Zhu, E., Wang, S., Zhang, P., & Li, W. (2021). Unsupervised Outlier Detection via Transformation Invariant Autoencoder. IEEE Access, 9, 43991-44002.

УДК 004.032.26

**МЕТОД ПРОГНОЗА В ЦЕПИ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ  
ОГРАНИЧЕННОЙ МАШИНЫ БОЛЬЦМАНА С КАСКАДАМИ  
ЕДИНИЧНЫХ ЗАДЕРЖЕК**

**Д.полит.н. Григор О.А.,** <sup>[0000-0002-5233-290X]1</sup>,

**д.т.н. Федоров Е.Е.,** <sup>[0000-0003-3841-7373] 1</sup>,

**к.т.н. Нечипоренко О.В.,** <sup>[0000-0002-3954-3796] 1</sup>,

**к.т.н. Григорян Н.Б.,** <sup>[0000-0003-0359-57350]2</sup>

*E-mail:* [chdtu-cherkassy@ukr.net](mailto:chdtu-cherkassy@ukr.net); [fedorovee75@ukr.net](mailto:fedorovee75@ukr.net); [olne@ukr.net](mailto:olne@ukr.net);  
[hryhorian\\_mykola@chipb.org.in](mailto:hryhorian_mykola@chipb.org.in)

**THE SUPPLY CHAIN FORECASTING METHOD BASED ON A  
TEMPORAL DISCRIMINATIVE RESTRICTED BOLTZMANN  
MACHINE**

**Dr.Sci. Grygor A., Dr.Sci. Fedorov E., Ph.D. Nechyporenko A.,  
Ph.D. Grygorian N.**

**Аннотация.** Рассматривается проблема недостаточной точности прогноза, возникающая при управлении цепями поставок. Предложена нейросетевая модель прогноза на основе ограниченной машины Больцмана с каскадами единичных задержек во входном и выходном слоях. В ходе структурной идентификации этой модели определено количество нейронов в скрытом слое, а параметрическая идентификация выполнялась на основе технологии параллельной обработки информации CUDA. Это позволяет повысить эффективность прогноза за счет уменьшения вычислительной сложности и повышения точности прогноза. Созданное программное обеспечение посредством пакета Matlab, реализующее предложенный метод, может использоваться для реализации прогноза в задаче управления цепями поставок.

**Ключевые слова:** точность прогноза, проблема управления цепями поставок, модель нейронной сети прогноза, ограниченная машина Больцмана, стохастическое обучение.

**Abstract.** Determining the optimal level of inventory comes down to the timeliness of the procurement and replenishment procedures, which ensure the minimum total costs associated with procurement and storage. The problem of insufficient forecast accuracy for inventory management arising in supply chains is considered. A neural network forecasting model based on a Time-Delay

Restricted Boltzmann Machine with cascades of single delays in the input and output layers is proposed. During the structural identification of this model, the number of neurons in the hidden layer was determined, and the parametric identification was performed based on the CUDA parallel processing technology. This improves the forecast efficiency by reducing the computational complexity and increasing the forecast accuracy. The software created by means of the Matlab package, which implements the proposed method, can be used to implement the forecast in the problem of supply chain management.

**Keywords:** forecast accuracy, supply chain management problem, neural network forecasting model, Restricted Boltzmann Machine, stochastic learning.

В настоящее время одной из важнейших проблем в сфере управления цепями поставок является недостаточно высокая точность прогноза [1]. Это приводит к тому, что управление цепями поставок может быть неэффективным. Поэтому разработка методов прогноза в цепи поставок является актуальной задачей.

В работе использовался нейросетевой способ прогноза, так как использование нейронных сетей при прогнозировании дает множество ощутимых преимуществ (взаимосвязи между факторами исследуются на готовых моделях; не требуются предположения относительно распределения факторов; исходные данные могут сильно коррелировать, быть неполными или зашумленными и т. д.) [2, 3].

Для повышения качества прогноза, в качестве нейросети была выбрана ограниченная машина Больцмана, модифицирована (введением каскадов единичных задержек во входном и выходном слое) и в ходе численного исследования определена структура ее модели.

Проведенные эксперименты показали, что при 16 скрытых нейронах, значение среднеквадратичной ошибки (СКО) существенно не изменяется, и выбранная сеть дает результаты прогноза с минимальным отклонением (СКО равнялась 0.02). Предложен метод определения значений параметров предложенной нейросетевой модели прогноза на основе технологии CUDA. Это позволило обеспечить высокую скорость и точность прогноза. Предложенный подход может использоваться для выполнения прогноза в системах управления запасами в цепях поставок (MRP и Lean Production).

### Литература

1. Cox J.F. Theory of Constraints Handbook / J.F. Cox, Schleher J.G. New York, NY, McGraw-Hill, 2010, 1175 p.

2. Fedorov E. Forecast method for natural language constructions based on a modified gated recursive block / E. Fedorov, O. Nechyporenko, T. Utkina // CEUR Workshop Proceedings – 2020. – Vol. 2604. – P. 199-214

3. Sivanandam S.N. Introduction to Neural Networks using Matlab 6.0 / S.N. Sivanandam, S. Sumathi, S.N. Deepa – New Delhi: The McGraw-Hill Comp., Inc., 2006. – 660 p.

УДК 004.5

**PROTOTYPING SMART HOME FOR DISABLED PEOPLE WITHOUT  
PHYSICAL MOVEMENT: EEG/MQTT-BASED  
BRAIN-TO-THING COMMUNICATION**

**Dr.Sci.Zubov D.** <sup>[0000-0002-6807-0924]</sup>,

*dzubov@ieee.org,*

**Ph.D. Qureshi M.S.** <sup>[0000-0002-3908-6302]</sup>,

*muhammad.qureshi@ucentralasia.org,*

**Ph.D. Köse U.** <sup>[0000-0002-9652-6415]</sup>,

*utkukose@sdu.edu.tr,*

**Dr.Sci. Kupin A.** <sup>[0000-0001-7569-1721]</sup>,

*kupin@knu.edu.ua*

**Abstract.** Disabled people without physical movement face additional barriers in almost all areas of life, including simple operations like turning light on/off and controlling the air conditioner. During the COVID-19 pandemic, they are disproportionately affected since regular transportation of medical and other support staff has got broken for some areas and even countries. The problem is getting more complicated for people physically immobilized from neck to toes. If their brain and eye control work normally, the brain-to-thing communication with EEG non-invasive electrodes can be used to manage smart home appliances based on IoT techniques. In this paper, a non-invasive Sichiray TGAM brainwave EEG sensor kit captures EEG signals transmitted via Bluetooth to the HC-05 module connected to the Arduino Mega board. Personalized smart home interactions proposed through Markov Decision Process and Q-Learning identify usage flow that significantly expedites the selection of a control command. Information about edge IoT devices is presented to the disabled on the LCD 1602 display wired to the same Arduino Mega microcontroller. The double blink means that the disabled person chooses the option shown on display. The double blink event is detected if the quality of signal equals 0 and low/mid gamma waves less than 10 in three consecutive Bluetooth packets. Control commands

are sent from Arduino Mega (MQTT publisher) to the edge IoT devices (MQTT subscribers) that analyze them and start a specific operation like opening a door and turning alarm on/off. Five females and five males of different ages from 8 to 59 years old examined the control of the smart home appliances with the Sichiray TGAM brainwave EEG sensor kit. Everyone successfully handled the EEG headset and showed satisfaction with the brain-to-thing system.

**Keywords:** Brain-To-Thing, disabled people, EEG, MQTT

Disabled people without physical movement face additional barriers in almost all areas of life, including simple operations like turning light on/off and controlling the air conditioner.

During the COVID-19 pandemic, they are disproportionately affected since regular transportation of medical and other support staff has got broken in some areas. For instance, public transport is suspended, and passengers may disembark from regional buses and trains but may not board in red zones under the Ukrainian adaptive quarantine regime.

Because of that and other factors, people without physical movement spend some time alone.

The problem is getting more complicated for the disabled who are physically immobilized from neck to toes; if their brain and eye control work normally, the brain-computer interface (BCI) with EEG (electroencephalogram) non-invasive electrodes and a headset installation is broadly applied to manage smart home appliances using Internet of Things (IoT) techniques.

It is also important to personalize smart home interactions to help disabled people improving their daily life routines through solutions based on artificial intelligence (AI). For instance, the menu options can be shown in a different order in accord with previous selections, i.e., rates/ranks of the options, of the disabled.

Analysis of the concepts and soft-/hardware solutions shows that none of them implement wireless BCI (WBCI) to control the smart home appliances using IoT data protocol(s) along with budget EEG-based brain kit(s). In authors' view, the most promising approach is the WBCI based on the low-cost brainwave EEG sensor such as Sichiray TGAM (ThinkGear ASIC module) and lightweight publish/subscribe IoT data protocol such as MQTT.

This paper presents a thought-managed smart home system based on brain-to-thing communication (BTC) for people physically immobilized from neck to toes whose brain and eye control work normally.

A non-invasive WBCI Sichiray TGAM brainwave EEG sensor kit is proposed to capture EEG signals.

The EEG signals are transmitted via Bluetooth to the HC-05 module connected to the Arduino Mega board.

The information about edge IoT devices is presented to the disabled on the LCD 1602 display wired to the same Arduino Mega microcontroller.

The double blink is used to detect an event where the disabled person chooses the option shown on display.

Control commands are sent from Arduino Mega (MQTT publisher) to the edge IoT devices (MQTT subscribers) that analyze them and start a specific operation like opening a door and turning light on/off. The operation's confirmation is shown on the LCD 1602 display.

To support the personalized usage of the BTC system with an AI touch, a combination of Markov Decision Process and Q-Learning is proposed to identify the personalized suggestion flow directly.

The BTC system has been examined by five males and five females of different ages between 8 and 59 years. Everyone successfully handled the BCI headset and showed satisfaction with the BTC system.

UDC 004.048+004.94

## COMPARISON ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PEARSON X<sup>2</sup> COEFFICIENT AND CORRELATION METRIC TO EVALUATE THE GENE EXPRESSION PROFILES PROXIMITY

**Ph.D. Yasinska-Damri L.** <sup>[0000-0002-8629-8658]</sup><sup>1</sup>, **Ph.D. Liakh I.** <sup>[0000-0001-5417-9403]</sup><sup>2</sup>  
**Dr.Sci. Babichev S.** <sup>[0000-0001-6797-1467]</sup><sup>3,4</sup>, **Dr.Sci. Durnyak B.** <sup>[0000-0003-1526-9005]</sup><sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lm.yasinska@gmail.com, durnyak@uad.lviv.ua*

<sup>2</sup> *ihor.lyah@uzhnu.edu.ua*

<sup>3</sup> *sbabichev@ksu.ks.ua*

**Abstract.** Creation of various diseases diagnostic systems based on gene expression data is one of the current directions of modern bioinformatics. One of the important steps of this problem solving is the extraction of mutually similar gene expression profiles which allow identifying the investigated objects with high accuracy. Various types of similarity metrics can be used to identify the level of gene expression profiles similarity. In this paper, we present the results of the research regarding the comparison of the Pearson phi-square coefficient and correlation metric to evaluate the proximity level of gene expression

profiles. The investigated objects classification quality criteria (Accuracy, F-score and Matthews correlation coefficient (MCC)) were used to evaluate the appropriate metric effectiveness. The simulation results have shown that the metric based on Pearson's phi-square coefficient is significantly effective in comparison with the correlation metric to allocate the mutually similar gene expression profiles and, this metric can be used within the framework of gene expression profiles clustering techniques.

**Keywords:** Gene expression profiles, correlation metric, Pearson phi-square coefficient, gene expression profiles classification, classification quality criteria

Within the framework of our research, we have presented the results of the research concerning comparison analysis of two distance functions: Pearson phi-square coefficient and correlation distance to assess the gene expression profiles proximity.

The results of the investigated objects classification have been used to evaluation of the appropriate distance function effectiveness.

The classification accuracy, F-score and Matthews correlation coefficient have been used as the classification quality criteria within the framework of our research.

The dataset GSE19188 gene expression profiles of patients studied for early-stage lung cancer has been used as the experimental data.

These data have been obtained using DNA microchips and contained 156 microchips, 65 of them contained gene expression data of healthy patients, and 91 microchips identified gene expressions of patients with lung cancer tumor (mild form).

The stepwise procedure of increasing the nearest gene expression profiles from 2 to 100 with the implementation of data classification and calculation of the classification quality criteria has been implemented during the simulation process.

The charts of classification quality criteria versus the number of gene expression profiles for each of the used distance functions have been obtained as the simulation results.

An analysis of the obtained charts has allowed us to conclude about the lower efficiency of the correlation distance metric in comparison with the Pearson's phi-square coefficient both in absolute value and sensitivity.

When using correlation distance metric for the subset of the nearest gene expression profiles formation, the results of the objects' classification that make

up a subset of the testing data are significantly worse than the results obtained with the use of Pearson's phi-square coefficient as the distance function.

The obtained results also create the conditions for increasing the objectivity of the most informative gene expression profiles extraction due to the careful selection of the distance functions which can be used as the component in complex distance metric calculated based on the use of an ensemble of the most effective distance functions.

This is a further perspectives of the authors' research.

УДК 004.91

**МЕНТАЛЬНО-ФОРМАЛЬНІ РІШЕННЯ МАШИННОГО  
НАВЧАННЯ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ  
ТА МЕДИЦИНИ**

Д.т.н. Бармак О.В. [0000-0003-0739-9678]<sup>1</sup>, д.ф.-м.н. Крак Ю.В. [0000-0002-8043-0785]<sup>2</sup>,  
к.т.н. Мазурець О.В. [0000-0002-8900-0650]<sup>3</sup>, к.т.н. Манзюк Е.А. [0000-0002-7310-2126]<sup>4</sup>

<sup>1</sup>E-mail: alexander.barmak@gmail.com

<sup>2</sup>E-mail: yuri.krak@gmail.com

<sup>3</sup>E-mail: exe.chong@gmail.com

<sup>4</sup>E-mail: eduard.em.km@gmail.com

**MENTALLY-FORMAL SOLUTIONS OF MACHINE LEARNING FOR  
INFORMATION TECHNOLOGY FOR TEST AUTOMATED  
CREATION IN SECURITY AND MEDICINE AREA**

**Dr.Sci. Barmak A., Dr.Sci. Krak Y., Ph.D. Mazurets A., Ph.D. Manziuk E.**

*Анотація.* Розроблена інформаційна технологія надає повноцінний інструмент для проведення адаптивного семантичного тестування рівня знань у сфері безпеки та медицини, що забезпечує всі ланки автоматизованого тестування рівня знань від завантаження документу навчального матеріалу до обрахунку оцінки рівня його вивчення.

*Ключові слова:* адаптивне тестування, тестові завдання, безпека, медицина, ключові терміни, рівень знань, навчальні матеріали

*Abstract.* The developed information technology provides a full-fledged tool for adaptive semantic testing of knowledge level in the field of security and medicine, which provides all parts of automated testing of knowledge from



downloading an educational material document to calculating the knowledge level.

**Keywords:** adaptive testing, test tasks, security, medicine, key terms, knowledge level, educational materials

Запропоновано комплексний ментально-формальний підхід машинного навчання для автоматизованого створення тестів та їх використання для адаптивного семантичного тестування у вигляді інформаційної технології, яка забезпечує вирішення ряду проблем тестування в сфері безпеки та медицини. Інформаційна технологія забезпечує можливість визначити оцінку рівня знань навчальних матеріалів шляхом використання показників семантичної важливості ключових термінів [1] для автоматизованого створення тестів [2] та адаптивного підбору тестових завдань (рис. 1).

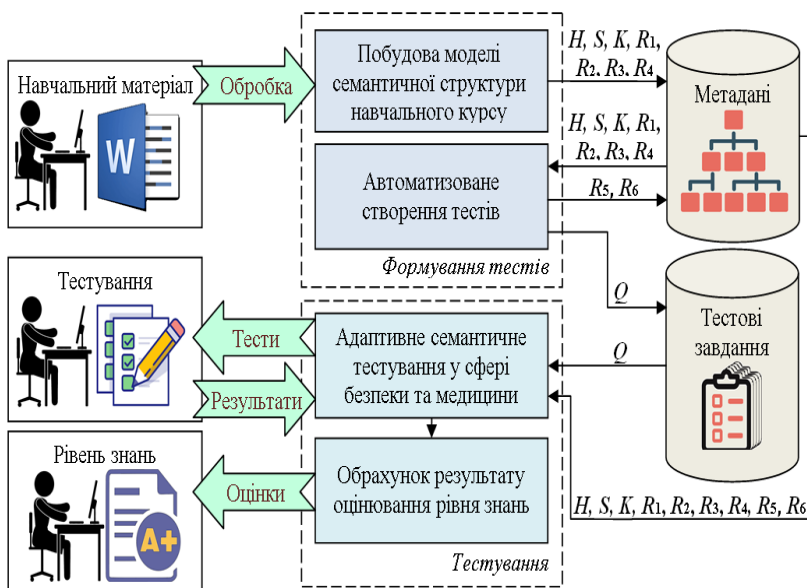


Рис. 1. Схема реалізації адаптивного семантичного тестування рівня знань

Розроблена інформаційна технологія адаптивного семантичного тестування рівня знань навчальних матеріалів дає можливість використовувати різні алгоритми старту тестування (регресивний, прогресивний, медіанний тощо), алгоритми динаміки (швидке тестування, тестування з підтвердженням) та алгоритми оцінювання рівня знань (серединний, абсолютний пороговий тощо).

Проведені прикладні дослідження ефективності розробленої інформаційної технології, в порівнянні з традиційним алгоритмом вибору тестових завдань, встановили, що тестування забезпечило в середньому на 20,53% більш швидке проходження тесту, водночас для визначення рівня знань знадобилося використання в середньому на 19,33% меншої кількості завдань.

### Література

1. Крак Ю. В., Бармак О. В., Мазурець О. В. Практична реалізація інформаційної технології автоматизованого визначення множини семантичних термінів в контенті навчальних матеріалів. Проблеми програмування. 2018. № 2–3. С. 245–254.

2. Мазурець О. В. Метод автоматизованого формування тестових завдань. Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. 2019. № 5. С.189–194.

UDC 681.51: 622.7

### OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR CONDITIONS OF BENEFICIATION TECHNOLOGY THROUGH INTELLECTUAL CLASSIFICATION

Dr.Sci.Kupin A. <sup>[0000-0001-7569-1721]</sup>, Dr.Sci. Zubov D. <sup>[0000-0002-6807-0924.]</sup>,

Ph.D. Osadchuk Y. <sup>[0000-0001-6110-9534]</sup>, Ivchenko R. <sup>[0000-0003-4252-4825]</sup>,

Gradovoy O. <sup>[0000-0001-6984-1690]</sup>,

E-mail: kupin.andrew@knu.edu.ua, dzubov@iee.org,  
u.osadchuk@knu.edu.ua, ivchenko.ra@gmail.com, queke888@gmail.com

**Abstract.** Based on the application of the classification control approach, a generalized algorithm for optimization of beneficiation processes is proposed. The results of computer modelling of the classification optimization process on the example of real indicators of magnetite quartzite beneficiation are presented.

The results of classification and evolutionary optimization procedures are compared.

**Keywords:** optimization, beneficiation processes, magnetite quartzite, intellectual classification and control.

The question of optimization of parameters of technological process (TP) of magnetite quartzites (iron ore) beneficiation in industrial conditions of the mining and processing plant (MPP) for the purpose of definition of settings of regulators as a part of intelligent control system (ICS) is considered. The multidimensional and multiconnected mathematical model of TP, which is obtained as a result of the identification procedure using the neural network approach, is considered to be known. The relevance and general formulation of such a task is presented in the works of the authors. Various modifications of gradient algorithms are now mainly used as search methods for multifactor optimization of technological functions of targets, optimal and adaptive automatic control systems (AACS). However, it is well known that in the case of poor conditionality of the optimization problem, which is typical in the case of an attempt to approximate technological functions (especially in non-stationary processes), there are some problems with the coincidence of the extremum search process appear. A good enough alternative to this is the use of intelligent approaches: classification control and evolutionary calculations.

Taking into account listed above, a combined ICS with multi-stage TP beneficiation was developed by authors. Features of the offered decisions are a rational combination of approaches of classification control and genetic optimization. The purpose of this part is to develop a generalized algorithm of intellectual classification, its research by computer modelling and verification on the principle of comparison with the results of genetic optimization.

This paper presents some results of intellectual classification and indicates the sufficient quality of such a procedure. Thus, when changing the normalized average tolerance fields within 4-4.5%, it is possible to determine with sufficient adequacy from 1 to 13 vectors with potentially quasi-optimal settings that are close to the ideal sample. In this case, based on the application of the empirical linear dependence of the trend, the quality of such a classification can be significantly improved and brought to 1-3 samples. The rate of convergence in the parameterization of the circuit (Fig. 3) allows you to apply this approach in real time. Analysis of the results of the comparison of dependencies shows their satisfactory convergence. As expected, more accurate control results are given by genetic optimization. On the other hand, the classification approach has a higher rate of coincidence. Therefore, both methods have demonstrated the

ability to determine the required settings, both in the individual stages of TP beneficiation, and for several stages simultaneously. Depending on the quantity and quality of a priori information in the technological database at the current time it may be appropriate to use a certain method. Therefore, the rational combination and application in the ICS of two alternative strategies (classification control and global optimization using genetic algorithms) is appropriate and justified. The analysis of results of computer modelling allows to make certain generalisations in the form of such conclusions.

1. Intelligent classification using multilayer neural networks and preceding cluster selection of the training sample while ensuring the appropriate number of cluster elements allows to determine the vector of settings and predict the TP beneficiation with satisfactory accuracy, which relative error does not exceed the average normalized tolerance field within 4-4.5%.

2. The results of computer simulation using neurosimulators such as Neuro Solutions, NeuroShell2 and genetic optimizer type GeneHunter proved that the developed algorithms and control principles using evolutionary optimization methods, genetic algorithms and automated intelligent classification can be applied to the practical implementation of modern ICS in conditions of complex multistage TP to determine the required values of the settings.

УДК 004.315

**ПРОБЛЕМА ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ В АРИФМЕТИЧНИХ  
КОМПОНЕНТАХ СИСТЕМ  
КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

**Д.т.н. Дрозд О.В.** [0000-0003-2191-6758],

**Боговик О.С.** [0000-0002-0855-0061], **Горячко М.С.** [0000-0002-9068-7672],

**Довгань Я.О.** [0000-0002-8111-539X], **Мовсесян А.М.** [0000-0001-6840-8289]

*E-mail: drozd@ukr.net, sannii25251@gmail.com, peakking218@gmail.com,  
ydov000@gmail.com, agaronmovsesan@gmail.com*

**A PROBLEM OF RESULT TRUSTWORTHINESS IN ARITHMETIC  
COMPONENTS OF SAFETY-CRITICAL SYSTEMS**

**Dr.Sci. Drozd O.V., Bohovyk O.S., Horiachko M.S.,**

**Dovhan Y.O., Movsesian A.M.**

*Анотація.* Достовірність обчислюваних результатів, та їх контролю має суттєвий вплив на функціональну безпеку систем критичного застосування та об'єктів їх моніторингу. Особливості цих систем, пов'язані

з умовами роботи та використанням в їх компонентах цифрових схем з матричними структурами, обумовлюють виникнення в них кратних відмов внаслідок їх накопичення протягом довготривалого нормального режиму. За такими обставинами актуальними стають дослідження достовірності результатів та їх контролю за різними методами робочого діагностування в умовах дії кратних несправностей. Дослідження проводиться для арифметичного зсувача та матричного помножувача й методів їх контролю за модулем, а також за логарифмічним та граничним контролем.

**Ключові слова:** система критичного застосування, кратні відмови, достовірність, матричний помножувач, арифметичний зсувач, контроль за модулем, логарифмічний та граничний контроль.

**Abstract.** The trustworthiness of the calculated results and their checking has a significant impact on the functional safety of critical systems and their monitoring objects. The peculiarities of these systems, associated with the operating conditions and the use in their components of digital circuits with matrix structures, cause them to have multiple failures due to their accumulation during long-term normal operation. Under such circumstances, research into the trustworthiness of the results and their checking over various methods of on-line testing in the conditions of multiple faults becomes relevant. The research is carried out for arithmetic shifter and iterative array multiplier and methods of their residue checking, as well as by logarithmic and boundary check.

**Keywords:** critical system, multiple failures, trustworthiness, iterative array multiplier, arithmetic bias, residue checking, logarithmic and boundary check.

Об'єкти підвищеного ризику, що включають енергомережі та електростанції, хімічні підприємства та ін., вже стали природним оточенням людства. Вони відіграють важливу роль у розвитку суспільства, забезпечуючи енергетичну, продуктову та інші різновиди безпеки, що гарантує подальші сталі еволюційні процеси. Тому від цих об'єктів неможливо відмовитись. Разом з тим, вони дійсно є носіями підвищеного ризику виникнення аварій, який постійно збільшується у частині реальних та потенційних втрат від техногенних катаклізмів за фактором зростання кількості та потужності об'єктів. Тому стримування ризиків можливе тільки за умови зменшення ймовірності аварій, що за відповідальністю повністю лягає на інформаційні технології, імплементовані до управляючих комп'ютерних систем, які за такою спеціалізацією перетворюються у системи критичного застосування Ці системи, що проєктуються для роботи у двох режимах: нормальному та аварійному,

спрямовані на забезпечення функціональної безпеки, власної та ризикованих об'єктів управління для запобігання аваріям, а у разі їх виникнення – для зменшення наслідків [1].

Функціональна безпека забезпечується на основі використання відмовостійких рішень, які, як за правило, проектуються для протистояння одній чи двом відмовам і тому вразливі з боку джерел кратних несправностей. Міжнародні стандарти, пов'язані з функціональною безпекою, визнають у якості такого джерела відмови за загальною причиною та визначають цю причину тільки у копіюванні помилкових рішень. Разом з тим, ще одна суттєва загальна причина пов'язана з контролепридатністю цифрових схем. В нормальному режимі, який характеризується значною тривалістю та сталістю вхідних даних, контролепридатність сучасних цифрових схем є низькою, що сприяє накопиченню прихованих несправностей. З початком аварійного режиму активність вхідних даних зростає, що призводить до підвищення контролепридатності та масового прояву накопичених відмов, за якими втрачається відмовостійкість схем та базована на ній функціональна безпека критичних систем. Таким чином створюється проблема прихованих несправностей [2].

Ресурсний підхід ідентифікує її як проблему зростання, коли система підіймається на рівень диверсифікації, яка проявляється у розподілі робочого режиму звичайного комп'ютера на нормальний та аварійний режими, що далі позначається на різній активності вхідних даних та різній контролепридатності схем у цих режимах. Водночас, компоненти критичних систем продовжують штампувати на нижчому рівні реплікації з використанням матричних структур, що схильні до приховування несправностей та залежні в цьому від активності вхідних даних [3].

Дослідження спрямовані на оцінку достовірності результатів, обчислюваних на матричних схемах та їх контролю в умовах дії кратних несправностей.

Розроблено програмні моделі арифметичного зсувача та матричного помножувача на Delphi 10 Seattle демоверсії для експериментального дослідження роботи схем під дією кратних несправностей.

Дослідження арифметичного зсувача, побудованого з різним рівнем схемного паралелізму, показало, що 5-кратне підвищення продуктивності супроводжується покращенням достовірності результатів на 4,5%.

Дослідження матричного помножувача показало суттєве зниження достовірності обчислюваних результатів та покращення достовірності логарифмічного, граничного контролю та контролю за модулем із

зростанням кратності несправностей та у залежності від кількості вірних розрядів.

### Література

1. Смит Д., Симпсон К. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов / М.: Изд. Дом «Технологии», 2004. 208 с.
2. Дрозд А.В., Харченко В.С., Антошук С.Г. и др. Рабочее диагностирование безопасных информационно-управляющих систем / ред. А.В. Дрозда, В.С. Харченко. Харьков: НАУ им. М.Е. Жуковского «ХАІ», 2012. 614 с.
3. Дрозд А.В., Антонюк В.В., Антошук С.Г. и др. Зеленая ИТ-инженерия. Принципы, модели, компоненты: монография / ред. В.С. Харченко. Харьков: НАУ им. М.Е. Жуковского «ХАІ», 2014. 594 с.

УДК 614.8

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ  
ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**  
Д.т.н. Бурлов В.Г. <sup>[0000-0001-7603-9786]</sup>, Полюхович М.А. <sup>[0000-0003-2722-5552]</sup>,  
Маньков В.Д. <sup>[0000-0001-9826-7560]</sup>

*E-mail: burlovvg@mail.ru, polyuhovich\_ma@spbstu.ru,  
mankov.viktord@gmail.com*

**INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING THE ELECTRIC POWER  
TRANSMISSION PROCESS UNDER THE CONDITIONS OF THE  
HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS DESTRUCTIVE IMPACT**  
**Dr.Sci. Burlov V.G., Mankov V.D., Polyukhovich M.A.**

**Аннотация.** Рассмотрена проблема устойчивости процесса передачи электроэнергии в условиях деструктивного воздействия гидрометеорологических факторов окружающей среды. Для обеспечения надежного функционирования объекта, расположенного на открытой местности, необходимо устранить все возможные угрозы гидрометеорологического характера. Для решения данной проблемы разработана информационная система управления процессом передачи электроэнергии в условиях деструктивного воздействия

гидрометеорологических факторов на основе интеграции процессов обеспечения безопасности и геоинформационной системы.

**Ключевые слова:** система управления, передача электроэнергии, гидрометеорологические факторы, пространственные данные, геоинформационная система, модель принятия решений

**Abstract.** The problem of the electric power transmission process stability under the conditions of the hydrometeorological factors destructive impact is considered. To ensure the reliable operation of an object located in an open area, it is necessary to eliminate all possible threats of a hydrometeorological nature. To solve this problem, an information system for managing the process of electric power transmission under the conditions of the hydrometeorological factors destructive impact based on the integration of safety processes and a geographic information system has been developed.

**Keywords:** management system, electric power transmission, hydrometeorological factors, spatial data, geographic information system, decision-making model

Для устойчивого и качественного электроснабжения потребителей в условиях деструктивного воздействия гидрометеорологических факторов окружающей среды требуется получать пространственные данные для поддержки принятия решений и обеспечения комплексного подхода к управлению безопасностью. Геоинформационные системы (ГИС) являются наиболее подходящими платформами для решения поставленной задачи [1]. Системы управления, в частности, безопасностью или электроснабжением, довольно чувствительны к принятию определенного управленческого решения. Очевидно, что для создания рационально организованной системы необходимо иметь математическую модель решения лица, принимающего решения [2]. Интеграция ГИС и процессов обеспечения безопасности позволяет автоматически оценивать ситуацию на определенной территории и принимать необходимые решения по устранению возможной угрозы. В ходе проведенного исследования была разработана информационная система управления процессом передачи энергии в условиях деструктивного воздействия гидрометеорологических факторов на основе интеграции процессов обеспечения безопасности и ГИС. Была определена концепция модели принятия решений в условиях неопределенности окружающей среды. Данный подход позволяет установить требуемый показатель эффективности системы управления процессом передачи электроэнергии и задавать конкретные значения



переменных системы безопасности для достижения цели деятельности (электроснабжение потребителей электроэнергией).

### Литература

1. Буряк Ж.А., Терехин Э.А. Геоинформационное моделирование пространственно-временной изменчивости агроклиматических условий // Региональные геосистемы. – 2020. – №3. – С. 333-342.
2. Бурлов В.Г., Попов Н.Н., Гарсия Эскалона Х.А. Управление процессом применения космической геоинформационной системы в интересах обеспечения экологической безопасности региона // Ученые записки РГГМУ. – 2018. – № 50. – С. 118-129.

УДК 004.9:519.8

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ КОМПАНІЇ НА СТРАТЕГІЧНОМУ ПЕРІОДІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Д.т.н. Москаленко В. В. [0000-0002-9994-5404], к.т.н. Фонта Н. Г. [0000-0001-5593-1409]  
E-mail: valentinamosk17@gmail.com, natalia.fonta@dataart.com

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE FINANCIAL CONDITION OF A COMPANY FOR A STRATEGIC PERIOD USING COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS Dr.Sci. Moskalenko V., Ph.D. Fonta N.

**Анотація.** Розроблено інформаційну технологію для реалізації методології визначення фінансового стану компанії як складової частини методики формування програми фінансування розвитку компанії. У результаті впровадження ІТ здійснюється оцінка і прогноз фінансового стану компанії і формується фінансова стратегія її розвитку. Прогнозування фінансового стану реалізована за допомогою нейронної мережі з архітектурою Temporal Fusion Transformer.

**Ключові слова:** стратегічний менеджмент, система управління продуктивністю підприємства, нейронна мережа прогнозування

**Abstract.** Information technology for the implementation of methodology for determining the financial condition of the company as a component of the

method of forming a company's development finance program has been developed. As a result of IT implementation, the assessment and forecast of the company's financial condition is carried out and the financial strategy of the company's development is formed. The method of forecasting financial states in the strategic period was implemented using a neural network with the Temporal Fusion Transformer architecture.

**Keywords:** Strategic Management, Enterprise Performance Management System, Forecasting Neural Network

Для формування програми фінансування розвитку необхідно визначити фінансовий стан компанії в стратегічний період.

Розроблено інформаційну технологію, в результаті її реалізації здійснюється оцінка і прогноз фінансового стану компанії і формується фінансова стратегія розвитку компанії. IT складається з семи основних етапів.

Етап 1. Розрахунок фінансових показників на основі даних бухгалтерської звітності за певний період.

Етап 2. Аналіз рентабельності капіталу (ROE) для оцінки ризиків втрати ділової репутації компанії на стратегічному періоді.

Етап 3. Визначення фінансової стійкості компанії на основі аналізу фінансового балансу між окремими розділами і підрозділами балансу активів і пасивів на функціональній основі.

Етап 4. Аналіз ліквідності та платоспроможності компанії. Оцінюється фінансова стійкість, кредитоспроможність підприємства і ризики банкрутства для формування фінансової стратегії компанії.

Етап 5. Визначення фінансового стану у динаміці. Цей етап об'єднує результати етапів 2-4.

Пропонується використовувати методи скорингу і кластеризації на основі нейронних мереж.

Етап 6. Прогноз фінансового стану компанії на стратегічний період. Пропонується виконувати прогноз для різних сценаріїв зміни ринкових умов (наприклад, для оптимістичного і песимістичного сценаріїв).

На основі прогнозних значень параметрів прогнозуються рентабельність капіталу, фінансова стійкість та платоспроможність компанії.

Етап 7. Формування стратегії розвитку для варіантів прогнозованих фінансових станів компанії.

Для реалізації процедури прогнозування фінансового стану пропонується використовувати нейронні мережі з архітектурою Temporal

Fusion Transformer [1]. Для навчання нейронної мережі використано фреймворки PyTorch і TensorFlow. Для прогнозування фінансових показників створено 13 моделей на основі глибокого машинного навчання. Мережа була навчена на основі числових рядів. Набір даних був розділений на дві частини в співвідношенні 80 до 20. Великий набір даних використовувався для навчання мережі, а менший - для її тестування.

Після навчання мережа перевірялася на контрольному наборі даних і обчислювалася помилка прогнозу - MAPE (Mean Absolute Percent Error). Після навчання MAPE дорівнює 14,34%. Прогнозний фінансовий стан компанії було визначено на інтервалах стратегічного періоду за фінансовими показниками, до яких відносяться: коефіцієнти рентабельності власного капіталу, активів; виробничої діяльності, продажів; коефіцієнти фінансової автономії коефіцієнт фінансового левериджу та ін. Надалі необхідні додаткові дослідження, щоб скорегувати процес навчання мережі для підвищення точності прогнозів.

### Література

1. Lim B. Temporal Fusion Transformers for Interpretable Multi-horizon Time Series Forecasting/ B. Lim, S. O. Arık, N. Loeff, T. Pfister // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207021000637>.

УДК 004.89

### **WEB STRUCTURE MINING: МЕТОД ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ В ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ СЕМАНТИЧНОЇ ПОДІБНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕБ-СТОРИНКИ**

**К.т.н. Єгошина Г.А.** <sup>[0000-0002-2381-1231]</sup>, **к.т.н. Вороной С.М.** <sup>[0000-0001-8564-1103]</sup>,  
**Северин М.В.** <sup>[0000-0002-2706-5205]</sup>  
*E-mail: yegoshyna@onat.edu.ua*

### **WEB STRUCTURE MINING: A METHOD OF DATA PREPROCESSING IN DETERMINING SEMANTIC SIMILARITY OF WEB-PAGE ELEMENTS**

**Ph.D Yegoshyna G.A., Ph.D Voronoy S.M., Severin M.V.**

*Анотація.* Розглянуті основні етапи Web Mining: пошук джерел інформації та вилучення «сирих» даних; попередня обробка (трансформація, кодування або відображення даних до форми та виду, які

необхідні для успішної побудови тієї чи іншої моделі); етап моделювання (побудова та навчання моделі); етап аналізу та інтерпретації отриманих результатів. Проведено аналіз категорій Web Mining: Web Structure Mining, Web Content Mining та Web Usage Mining. Показано, що в сучасних веб-сторінках кожен елемент представляє собою не тільки об'єкт (вузол) в Document Object Model, але й характеризується набором CSS-властивостей, саме за допомогою яких забезпечується стилізація та макетування. Обґрунтовано доцільність використання наборів CSS-властивостей окремих html-елементів в Document Object Model для вирішення задачі визначення семантичної подібності елементів веб-сторінки. Запропоновано метод попередньої обробки даних в задачі визначення семантичної подібності елементів веб-сторінки, в якому використовуються три алгоритми відображення (кодування) текстових значень CSS-атрибутів у числові в діапазоні [0;1].

**Ключові слова:** Web Mining, інтелектуальний аналіз даних, Web Structure Mining, веб-сторінка, html-елемент, Document Object Model, CSS-властивість, відображення, тензор, семантична подібність.

**Abstract.** Basic stages of Web Mining are considered: searching for information sources and removing «raw» data; preprocessing (transformation, encoding or data presentation to a form and view required for successful development of a model); a stage of modeling and interpretation of obtained results. An analysis of Web Mining categories is carried out: Web structure mining, Web content mining, and Web usage mining. It is shown that in modern web-pages every element is not just an object (node) in Document Object Model, but also is characterized by a set of CSS-properties which provide stylization and layout building. The appropriateness of using sets of CSS-properties of some html-elements in Document Object Model is substantiated for solving a problem of determining semantic similarity of web-page elements. A method of data preprocessing in determining semantic similarity of web-page elements is suggested, in which three algorithms are used for presenting (encoding) CSS-attribute text values as numeric values within range [0; 1].

**Keywords:** Web Mining, Data Mining, Web Structure Mining, web-page, html-element, Document Object Model, CSS-property, presentation, tensor, semantic similarity.

В умовах динамічного та швидкого заростання обсягу Інтернет-даних та у зв'язку з тим, що складність сучасних веб-сайтів постійно збільшується, задача автоматичного вилучення корисної інформації з веб

(Web Mining) потребує залучення не тільки алгоритмів Data Mining, а й потенціалу методів Deep Learning [1, 2]. В залежності від джерел «сирих» даних, в якості яких можуть виступати лог-файли серверів, куки-файли, контент (як текстовий, так і мультимедійний) веб-сторінок та їх структура (Document Object Model tree), та від задачі предметної області виділяються наступні категорії Web Mining: Web structure mining, Web content mining and Web usage mining [1-4]. Незалежно від класу задачі та категорії та області використання процес Web Mining включає наступні етапи: пошук джерел інформації та вилучення «сирих» даних; попередня обробка (трансформація, кодування або відображення даних до форми та виду, які необхідні для успішної побудови тієї чи іншої моделі); етап моделювання (побудова та навчання моделі); етап аналізу та інтерпретації отриманих результатів [4].

В даній роботі запропоновано підхід для вирішення задачі попередньої обробки даних в області Web structure mining [3] з метою визначення семантичної подібності елементів веб-сторінки на основі аналізу властивостей html-елементів в Document Object Model. В сучасних веб-сторінках кожен елемент представляє собою не тільки об'єкт (вузол) в Document Object Model, але й характеризується набором CSS-властивостей, саме за допомогою яких забезпечується стилізація та макетування.

Для визначення семантичної подібності елементів веб-сторінки на основі аналізу властивостей html-елементів в Document Object Model будуть використовуватися методи Deep Learning. У зв'язку з чим необхідно реалізувати відображення текстових значень атрибутів у числові в діапазоні [0;1].

Для вирішення даної задачі пропонується три алгоритми відображення (кодування).

Перший алгоритм заснований на ймовірностях появи символу у описі CSS-властивості. Проводиться обробка кожної підстроки з опису. Числовий код кожного символу підстроки обчислюється за формулою:

$$num_s^{(c)} = c_{ASCII} \cdot P_s^{(c)} \cdot (L_s - ind_s^{(c)}), \quad (1)$$

де  $c_{ASCII}$  – ASCII-код символу  $c$ ;  $P_s^{(c)}$  – імовірність появи символу  $c$  в підстроці  $s$ ;  $L_s$  – довжина підстроки  $s$ ;  $ind_s^{(c)}$  – індекс символу  $c$  в  $s$ .

Загальне числове відображення CSS-властивості є сума числових кодів, обчислених за формулою (1).

Другий алгоритм заснований на ASCII-кодах та індексах символів в підстроках опису:

$$num_s = \sum_{w=0}^{N^{(s)}} c_{ASCII} \cdot \left( ind_s^{(e)} + 1 \right), \quad (2)$$

де  $N^{(s)}$  – кількість слів в опису  $s$ .

В третьому алгоритму спочатку формується алфавіт, що включає символи, які наявні в поточному описі, далі обчислюються ймовірності появи символів та визначається сегмент.

Числове відображення CSS-властивості знаходиться з використанням перерахованих лівої та правої межі сегменту, що обчислюються за індексом символу в алфавіті, значень меж сегменту та його довжини.

Таким чином, отримане значення числового відображення CSS-властивості є числовим вектором з трьох елементів, значення яких належать до діапазону  $[0;1]$ .

Отримані результати перетворюються в тривимірний тензор, який подається на вхід сіамської нейронної мережі.

### Література

1. J. Han and K. C.-C. Chang, "Data mining for Web intelligence," *Computer (Long Beach Calif.)*, vol. 35, no. 11, pp. 64–70, 2002.
2. H. Md Zahid and Khawja Jakaria Ahmad Chisty and Nur-E-Zaman Ayshik, "Research Challenges in Web Data Mining," *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, vol. 3, no. 7, pp. 80–83, Jul. 2012.
3. M. Srivastava, R. Garg, and P. K. Mishra, "Preprocessing techniques in web usage mining: A survey," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 97, no. 18, pp. 1–9, Jul. 2014.
4. Z. Markov and D. T. Larose, *Data-mining the Web: uncovering patterns in Web content, structure, and usage*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

UDC 004

**NEURAL NETWORKS FOR THE CONFORMITY OF SOFTWARE  
TESTING RESULTS TO THE DECLARED REQUIREMENTS**

**Shepeliev O.** <sup>[0000-0002-6258-3446]</sup>, **Ph.D. Bilova M.**, <sup>[0000-0001-7002-4698]</sup>

*E-mail: zirgus1@gmail.com, missalchem@gmail.com*

**Abstract:** The urgency of the work lies in the need to improve existing software designed to analyze the compliance of software testing results with the stated requirements. To achieve this goal, neural networks can be used by quality control specialists to make decisions about software quality, or by project managers as an expert system, for one of the quality indicators for the customer.

**Keywords:** software testing, software quality, stated requirements, neural network, fuzzy networks

The goal of the work is to improve the management process of software product development. The object of research is the process of analyzing the compliance of software testing results with the stated requirements. The subject of research is conformity analysis of software testing results to the declared requirements with use of neural networks. From the characteristics of the subject area, we can conclude that the results obtained in the testing process are reduced to the conclusion: passed tests (pass) or not passed (fail) [1]. Such an assessment is relatively superficial and does not give an accurate definition of how well the developed software meets the requirements for it. Therefore, recognized as high-quality software can be a source of failure with changing the configuration or operating conditions. The input data of the problem of assessing the compliance of the software with the requirements of the test results are not numerical, so the use of mathematical methods for its solution is not appropriate.

Formalization of the input data of the above problem would simplify the solution and, as a result, improve the quality of the software used. For formalization it is expedient to use methods of fuzzy logical inference, which allow to operate instead of non-numerical values with numerical values of their belonging to the corresponding sets [2]. The proposed method allows to determine the compliance of the developed software with functional and non-functional requirements, taking into account how successfully or unsuccessfully implemented a particular requirement. Its application can ignore important but isolated facts that do not fit into the proposed formulas.

Therefore, to improve the quality of assessing the compliance of the test results of critical application software with the requirements, it will be expedient

to build a fuzzy neural network on the basis of the above method to solve this problem [3]. The proposed method based on a fuzzy neural network allows to eliminate this shortcoming by replacing the non-numerical results of tests with numerical values of their belonging to the corresponding fuzzy sets of "execution" and "non-execution" and determine how the developed software does not meet the requirements [4]. Therefore, the information and algorithmic software of the solution was designed to implement the analysis of the compliance of the software testing results with the stated requirements, which will allow to form an expert assessment of the quality of the software.

#### References

- 1 IEEE – 2004 IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge
- 2 C. L. P. Chen, Y.-J. Liu and G.-X. Wen, "Fuzzy neural network-based adaptive control for a class of uncertain nonlinear stochastic systems", IEEE Trans. Cybern., vol. 44, no. 5, May 2014.
- 3 SIAM J. Numer. Anal., 51(6), 3163–3185., "A Weighted Reduced Basis Method for Elliptic Partial Differential Equations with Random Input Data"
- 4 Wang, ZB., Hao, HW., Yin, XC. et al. Exchange rate prediction with non-numerical information. Neural Comput & Applic 20, 945–954 (2011)

УДК 004.043:691:389.6

### ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ.

**К.т.н. Гришин С.И.** <sup>1[0000-0002-1933-9552]</sup>,  
**д.т.н. Шинкевич Е.С.** <sup>2[0000-0002-2842-1785]</sup>, **Лисицына И.Н.**<sup>3</sup>  
*E-mail: grishin\_si@ukr.net*  
*E-mail: elena\_shinkevich@ukr.net*  
*E-mail: inlis@onu.edu.ua*

### APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS OF OPERATIONAL PROPERTIES OF MODIFIED SOLUTIONS.

**Ph.D. Grishin S.I., Dr.Sci. Shinkevich E.S., Lisitsina I.N.**

**Аннотация.** Предложено использование факторного анализа для оценки конкурентоспособности составов мелкозернистых бетонов полифункционального назначения.



**Ключевые слова:** тонкодисперсные наполнители, активация, факторный анализ, хранилища данных.

**Abstract.** The use of factor analysis to assess the competitiveness of compositions of fine-grained concretes for polyfunctional purposes is proposed..

**Keywords:** fine fillers, activation, factor analysis, data warehouse.

Современное строительство требует применения новых эффективных материалов, среди которых важное место занимают высококачественные мелкозернистые растворы и высокоподвижные смеси. Получение мелкозернистых растворных смесей высокой однородности, жизнестойкости и прочности невозможно без использования полифункциональных добавок-модификаторов, наиболее эффективными из которых являются комплексы на основе суперпластификаторов и высокодисперсных минеральных добавок на основе микрокремнезема.

Различные кремнеземсодержащие активные микро- и макронаполнители с различными величинами площади удельной поверхности, структурой и полиминеральным составом могут по-разному влиять на реологию смесей, процессы структурообразования и твердения растворов. Применение высокоскоростных смесителей-активаторов обеспечивает высокую стойкость к трещинам и высокую адгезию к различным основам, а на пористых наполнителях - еще и высокие теплозащитные и акустические свойства. Вопросы совместного действия этих добавок и приоритетность их влияния на свойства смесей и бетонов, разработка высокоподвижных смесей с различными пластификаторами определяют тематику широкого круга экспериментально-статистических исследований. Полученные практические результаты обеспечивают повышенные, по сравнению с нормативными, показатели качества. Многочисленность и многоплановость полученных авторами составов на основе одинаковых по качественному, и различных по количественному составам органо-минеральных модификаторов предопределяет целесообразность и актуальность автоматизации аналитических исследований с применением системы поддержки принятия решений (СППР) [1]. Основной задачей системы является предоставление информации по уже имеющимся составам и полифункциональным модификаторам. Это позволит расширить поле выбора и оценить конкурентоспособность состава. Не менее важной задачей СППР является выражение предоставляемой информации в компактной форме, которая отражает наиболее существенные закономерные аспекты влияния добавок

на кинетику твердження и свойства смесей. Факторный анализ данных как раз и представляет адекватный инструмент обнаружения логической структуры сложного явления, позволяет отделить существенные факторы от несущественных, оценить их информативность, проверить или выдвинуть гипотезы о факторных взаимосвязях. Другими словами, факторный анализ можно использовать для снижения размерности данных, чтобы найти небольшое число факторов, которые объясняют большую часть дисперсии, наблюдаемой для большого числа явных переменных [2].

В ходе статистического исследования с использованием факторного анализа необходимо выполнить 3 этапа.

1. Сбор эмпирических данных и подготовка корреляционной матрицы.
2. Выделение первоначальных (ортогональных) факторов.

3. Вращение факторной структуры и содержательная интерпретация результатов анализа.

Задачу сбора данных должна выполнять разрабатываемая СППР. Факторный анализ на первом этапе исследования можно выполнить с помощью пакета SPSS.

#### Литература.

1. Гришин, С.И. Компьютерное моделирование эксплуатационных свойств модифицированных растворов. / С.И. Гришин, Е.С. Шинкевич // Актуальные проблемы информационных систем и технологий: монография. Под науч. ред. проф. В. Вычужанина. – Одесса: НУ «ОМА», 2020. – с. 155-164.

2. Кириллов, В. Х. Компьютерное моделирование физических и технологических процессов. Теория, алгоритмы, программы / В. Х. Кириллов, В. В. Зуб, А. С. Титлов, А. К. Ширшков. – Одесса : Издательство ВМБ, 2016. – 564 с.

UDK 622.242.32

## DIAGNOSING CORONAVIRUS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Dr.Sci. Mammadov R.G.**<sup>1</sup> [0000-0003-4354-3622], **Ph.D. Rahimova E.G.**<sup>1</sup>  
[0000-0003-1921-4992], **Aliyeva S.Y.**<sup>2</sup> [0000-0003-1166-119X]

*E-mail: rahim1951@mail.ru, elena1409\_mk@mail.ru,  
sevincalievaa@gmail.com*

**Abstract.** The coronavirus pandemic is currently raging in the world. For the timely diagnosis of this deadly disease, the entire medical system of the world

has been abandoned. However, due to the difficulty of diagnosing this disease, many people die every day. Diagnostics is carried out by doctors using separate computer applications. Currently, there is no separate effective program for the rapid diagnosis of this disease in the context of its proximity to some others. We have proposed an algorithm with which to quickly and accurately diagnose. The proposed algorithm was implemented on a computer and positive results were obtained. The symptoms of coronavirus and other related diseases were taken from open sources.

**Keywords:** *Express diagnostics, coronavirus, flu, colds, symptoms*

As you know, the coronavirus pandemic has been raging all over the world recently. Scientists and doctors cannot accurately determine this disease in time due to the similarity with some other diseases. For this and other reasons, the pandemic is widespread throughout the world and continues in the form of new modifications. In this sense, it is very important to diagnose this disease on time and precisely.

Analysis of the symptoms of coronavirus showed that the main symptoms of related diseases are logical and have different weights. Therefore, if the features are of a qualitative nature (let, for definiteness, all  $m$  features are alternative, that is, take values 0 or 1), then the degree of similarity of a pair of objects ( $i, j$ ) can be expressed by different coefficients. From the existing formulas it is possible to give the Hamming distance, Euclidean distance and the coefficient of compositional similarity. In real problems, when we cannot accurately determine the importance of a particular attribute coordinate, we should make an assumption about the importance of this or that attribute and formally take this into account by assigning some weight values to the attributes. However, the result obtained is too integrated and therefore it is impossible to obtain accurate diagnostic data. The development of information technology, computer technology and nanotechnology sets the task of increasing the efficiency of the biological and medical industry.

Thus, in the general case, the problem of fuzzy clustering is to find a fuzzy partition of the set of elements of the studied population, which form the structure of fuzzy clusters present in the data under consideration. This problem is reduced to finding the degrees of membership of the elements to the desired fuzzy clusters, which together determine the fuzzy partition of the original set of the elements under consideration.

Let us consider the classification of objects using the example of disease recognition (coronavirus, influenza, ARVI) based on a patient survey.

According to the table of attributes, a program was written that uses the database method for classification.

The algorithm of the program (classification - determination of belonging to the group of the studied symptoms of the patient) is presented below.

Step 1. Start of the program

Step 2. Entering the values of parameters - symptoms of diseases: coronavirus, influenza, acute respiratory infections (cold) according to Table and the studied symptoms of the patient

Step 3. Input of initial values for the counter of parameters - disease symptoms

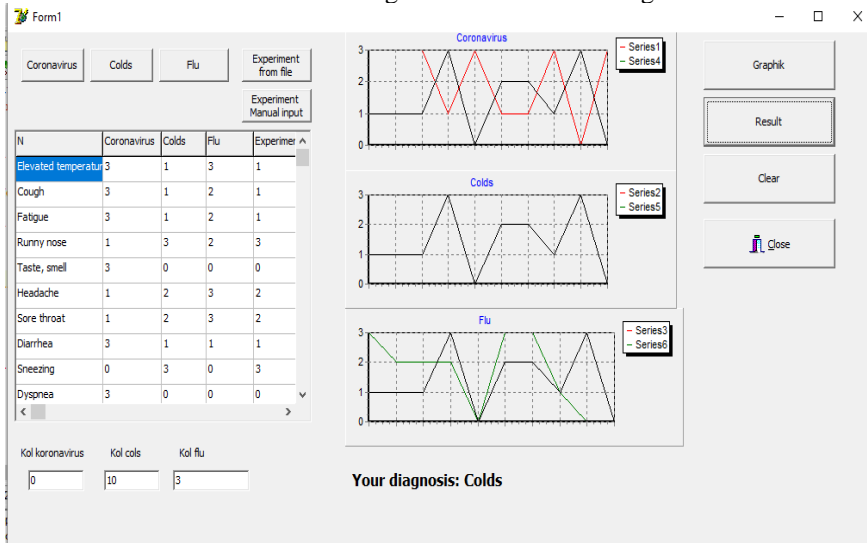
Steps 4-6. Verification of belonging to the group of symptoms Coronavirus of the studied symptoms

Steps 7-9. Verification of belonging to the group of symptoms Influenza of the studied symptoms

Steps 10-12. Verification of belonging to the group of symptoms of acute respiratory infections (cold) of the studied symptoms

Steps 13-17. Determination of belonging to the group of symptoms Coronavirus, Influenza and acute respiratory infections (cold) of the studied symptoms and the conclusion of the result.

The simulation results of the algorithm are shown in Fig. 1.



*Fig.1. The simulation results of the algorithm*

Thus, using the database method, a method for determining the diagnosis was obtained, which can be extended to any disease.

УДК 004

**РОЗРОБКА ВЕБ-СЕРВІСУ ПО СЕМАНТИЧНОМУ АНАЛІЗУ  
ТЕКСТУ ТА РЕФЕРУВАННЮ**

Леонтьев К.О. <sup>[0000-0003-1788-1122]</sup>, к.т.н. Рудніченко М.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
Гежа М.І. <sup>[0000-0004-5064-0043]</sup>

*E-mail: firmn@lust.ru, nickolay.rud@gmail.com,*

**DEVELOPMENT OF WEB-SERVICE ON SEMANTICAL ANALYSIS  
OF TEXT AND REFERENCE**

**Leontiev K.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Geza M.I.**

*Анотація.* У роботі наведені результати розробки сервісу по семантичному аналізу тексту та реферуванню на основі абстрактного підходу для генерації нового, скороченого тексту, який являється змістовно узагальнюючим первинного документу.

*Ключові слова:* аналіз тексту, генерація тексту

*Abstract.* The paper presents the results of the development of a service for semantic text analysis and abstracting on the basis of an abstract approach to generate a completely new, abbreviated text, which is meaningfully summarizing the primary document.

*Keywords:* text analysis, text generation

Складність пошуку інформації для вивчення певної тематики в Інтернеті, або в книгах, пов'язаних з великою кількістю неоднорідної інформації в одних джерелах, призводить до більшої кількості витраченого часу та зменшення швидкості вивчення або дослідження інформації [1].

У зв'язку з цією популярністю користуються послуги за реферуванням, семантичним аналізом та обробкою текстів. Для вирішення завдань реферування текстів виділяють 2 окремих підходи: екстрактний та абстрактний [2].

Абстрактний метод є найбільш підходящим в рамках проектованої системи, через те, що генерує повністю новий текст на основі старого. Він характеризується 3-ма етапами [3]:

- аналіз вихідного тексту з генерацією внутрішнього уявлення;

- семантичне стиснення внутрішнього уявлення;
- генерація нового тексту.

Для реалізації даних методів необхідні потужні обчислювальні ресурси для систем обробки природних мов (NLP - natural language processing), в тому числі граматики і словники для синтаксичного розбору [4]. Для дослідження можливостей вирішення даної задачі прийнято рішення в розробці даного сервісу використовувати мову програмування Python 3.8 і фреймворку Django для реалізації логіки серверної сторони системи, середовища розробки програмного коду PyCharm, СУБД PostgreSQL для зберігання призначених для користувача даних, дистрибутива Anaconda з Jupiter Notebook (проведення обчислювальних експериментів з дослідження ефективності моделей NN), matplotlib (візуалізація отриманих залежностей даних), Pytorch (створення моделей NN і їх налаштування, завдання значень гіперпараметрів і запуск обчислювальних процесів), Pandas і NumPy (обробка вхідних масивів даних і їх структуризація для подачі на вхід моделям NN).

Висновки. Слід зазначити, що всі згенеровані тексти в рамках проведеного дослідження є повними і закінченими, вони мають сенс близький до початкових даних, що є підтвердженням коректності агрегації взятого набору даних і адекватності результатів роботи моделей.

### Література

1. Щербина А.Д. Порівняльний аналіз існуючих напрямів у інтелектуальному аналізі даних / А.Д. Щербина, Д.С. Шибасев, М.Д. Рудніченко, Н.О. Шибасєва // Project, Program, Portfolio Management. The Third International Scientific-practical Conference, Odesa, ONPU 07–08 Dec 2018. – С.88-90.
2. Жизнев Д.І. розробка системи для оцінки та синтаксичного аналізу тексту / Д.І. Жизнев, М.Д. Рудніченко // LVI конференція молодих дослідників ДУОП-бакалаврів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» // Одеса: ДУОП, 2021. Вип. 56. – С.174-179.
3. Жизнев Д. І. Розробка концепції системи для оцінки та синтаксичного аналізу тексту / Д. І. Жизнев ; наук. керівник М. Д. Рудніченко // Сучасні інформ. технології та телекомунікаційні мережі : тези доп. 56-ої наук. конф. молодих дослідників ДУОП-бакалаврів. - Одеса, 2021. – С. 174-179.
4. Леонтьев К. О. Огляд методів реферування та семантичного аналізу текстів / Леонтьев К.О., Рудніченко М.Д., Шибасєва Н.О. // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої

всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 23 квітня 2021 р. - Одеса, 2021. – С.126-128.

УДК 519.816: 355.45:355.02

**МЕТОДОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ, АНАЛІТИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НА ГРАФАХ**

**К.ф.-м.н. Нетесін І.С.** <sup>[0000-0003-1236-287X]</sup>, **к.т.н. Полішук В.Б.** <sup>[0000-0001-6991-0617]</sup>,  
**д.т.н. Нестеренко О.В.** <sup>[0000-0001-5329-889X]</sup>

*E-mail: in@rit.org.ua, v.p@rit.org.ua, on@rit.org.ua,*

**A DECISION MAKING SUPPORT METHODOLOGY BASED ON INTEGRATION ANP, ANP AND GRAPH VISUALIZATION**

**Ph.D. Netesin I.E., Ph.D. Polischuk V.B., Dr.Sci. Nesterenko O.V.**

**Анотація.** Запропонована методологія експертного оцінювання альтернатив на основі застосування методів голосування, аналізу ієрархії та аналітичних мереж для задач прийняття рішень різних класів складності, залежно від лінійної, ієрархічної або мережевої структури їх опису. Інтегрована інформаційна технологія реалізації цих методів спрощує роботу експертів завдяки візуалізації на основі орієнтованих графів.

**Ключові слова:** метод аналізу ієрархій, метод аналітичних мереж, методи голосування, оцінювання альтернатив, теорія графів, прийняття рішень

**Abstract.** The methodology for expert evaluation of alternatives based on voting methods, ANP and ANP for decision-making problems of various complexity classes, depending on their description's linear, hierarchy or network structure, is proposed. Integrated information technology implementation of these methods simplifies the work of experts through visualization using oriented graphs.

**Keywords:** ANP, ANP, voting methods, alternatives evaluation, oriented graphs, decision-making

У різноманітних задачах, які потребують прийняття рішення, застосовуються процедури експертного оцінювання альтернатив.

Практично у кожній предметній області в залежності від структури моделі даних, яка її описує, можливостей визначення альтернатив і критеріїв їх оцінювання, інших факторів, які впливають на вибір альтернатив, експертні групи мають справу з задачами різного рівня складності. У цьому дослідженні пропонується методологія розвитку та спільного застосування окремих методів голосування та методів аналізу ієрархій і аналітичних мереж [1- 3] в залежності від рівня складності задач прийняття рішень (рис. 1). Передбачається послідовне використання на наступних рівнях результатів, отриманих на попередній рівнях і нарощування на кожному рівні складності методів оцінювання – від достатньо простих до більш складних в залежності від рівня складності задач вибору альтернатив. Важливим елементом методології є технологія допомоги експертам відразу підтримувати транзитивність та покращувати узгодженість своїх суджень шляхом візуалізації на орієнтованому графі процесу парних порівнянь альтернатив. Запропонована наскрізна формалізована методологія з елементами графічної візуалізації та застосуванням онтологій має на меті спрощення діяльності експертів.



Рис. 1. Загальна схема застосування методології

Методологію апробовано на розробленому прототипі програмного веб-інструментарію. У якості прикладу використано процес експертного



оцінювання та вибору ресурсного забезпечення у сфері оборонного планування на основі спроможностей для визначення найбільш прийнятних засобів для ведення розвідки в інтересах наземної артилерії [3].

### Література

1. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Москва: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.
2. Nesterenko O. Ontology and Analytic Hierarchy Process in the information and analytical systems. In book: Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. Chapter No: 19 / S. Babichev et al. (Eds.): ISDMCI 2020, AISC 1246, 2021, pp. 302–314. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3\_19
3. Nesterenko O., Netesin I., Polischuk V., Trofymchuk O. Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, № 4/2 (106). P. 33-43. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208603

UDC 681.5

### DEVELOPMENT OF A NEURO-FUZZY INTELLIGENT NETWORK FOR MONITORING AND CONTROL OF MICROCLIMATE SYSTEMS

Dr.Sci.prof., Mikhailov S.A. <sup>[0000-0002-3218-2238]</sup>,  
Ph.D. Kharchenko R.Yu. <sup>[0000-0003-3051-7513]</sup>

*E-mail: romannn30@gmail.com*

**Abstract.** A method for intelligent identification and adaptation of the control object is proposed. This allows maintaining high accuracy of the specified parameters for different operating modes of the system and reducing the complexity of control. Software has been developed that implements the proposed network. Computer simulations have shown the ability of the network to self-learn based on expert experience and an error propagation backward algorithm.

**Keywords:** neurocontroller, adaptive PID - controller, parameter approximation, active identification, fuzzy logic.

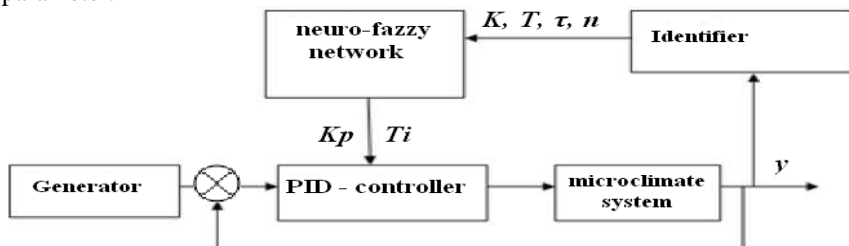
As frequent works on setting up ACS (automated control systems) at the time of commissioning as well as during subsequent operation (when tasks and loads are changed) are required, organizational problems arise during their implementation.

For example, the number of control system circuits to be adjusted at a modern heat power object may reach several tens, which makes it almost impossible to provide high-quality and rapid manual execution of the work by a limited number of the employees from the operational personnel [1-3].

At present, scientific approaches related to the use of intelligent systems are very popular in the theory of adaptive control [4-5].

These systems successfully implement the experience and knowledge of experts (fuzzy regulators) as well as possess the self-learning ability (neural controllers).

The authors proposed a structure of the hybrid adaptive control system (Fig. 1). In fig. 1 the following designations are introduced:  $K$  - object transfer coefficient,  $T$  - object time constant,  $\tau$  - delay,  $n$  - order of the object,  $y$  - output parameter.



*Fig .1. Structure of adaptive ACS*

The proposed control system can be improved by developing and using new algorithms, as well as expanding the functionality of the system (regulation of air exchange, humidity, chemical and biological composition of air, etc.).

Analysis of intelligent control methods allows us to conclude that the use of neuro-fuzzy logic is promising to improve the quality of control of microclimate systems. Such intelligent systems have the properties of self-learning and the ability to change depending on the circumstances. The scientific task of searching for new, more effective methods of adaptive regulation using the experience of an expert from the ACS remains open.

### References

1. Mikhailov, S. A. & Kharchenko, R. Y. (2020). Intelligent climate management in vessels (2020). Ships' electrical engineering, electronics and automation : Materials of the 10th international scientific and practical conference Odessa, 24.11.2020 – 25.11.2020 : proceedings. – Ukraine, NU

«ОМА»: 2020. – P. 217 – 219. DOI:10.31653/2706-7874. SEEAA-2020.11.1-245

2. Kharchenko, R.Yu. (2020). Modern possibilities of intelligent climate control for enclosed spaces (2020). About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them : The VI th International scientific and practical conference, Milan, 26-30 October 2020: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. – Italy, 2020. – P. 487-490. DOI - 10.46299/ISG.2020.II.VI

3. Mikhailov, S. A., & Kharchenko, R. Y., (2019). Improving the efficiency of functioning the ship ergatic microclimate control systems of ship spaces speed. Automation of Ship Technical Facilities, 25(1), 63–71. doi:10.31653/1819-3293-2019-1-25-63-71

4. Mikhailov, S. A., & Kharchenko, R. Y. (2019). Improving the efficiency of functioning the ship ergatic microclimate control systems of ship spaces speed. Automation of Ship Technical Facilities, 25(1), 63–71. doi:10.31653/1819-3293-2019-1-25-63-71

5. Kharchenko, R.Yu., & Kochetkov, O. V. (2020). Efficiency increasing of the ergatic control systems on ships. Trends in the development of modern scientific thought : The X th International scientific and practical conference, Vancouver, 23-26 November 2020 : proceedings. – Canada: 2020. – P. 682-685. DOI - 10.46299/ISG.2020.II.X

УДК 004.738.5

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИОТ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Ключникова Д.Д.**<sup>1</sup>[0000-0002-2537-0169], **Алексеенков А.Е.**<sup>2</sup>[0000-0001-9817-0005],  
**к.т.н. Ли И. В.**<sup>3</sup>[0000-0002-3661-9417]

*E-mail: <sup>1</sup>lik0011sofia@mail.ru, <sup>2</sup>kseenkovale@gmail.com, <sup>3</sup>liiv@gumrf.ru*

### **POSSIBILITIES OF IOT BY WATER TRANSPORT**

**Alekseenkov A., Klyuchnikova D., Ph.D. Li I.**

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные области применения IoT на водном транспорте в настоящее время. Интернет вещей, захватывая все больше аспектов нашей жизни, дает серьезные предпосылки к применению средств контроля и мониторинга. Системы IoT позволяют гибко и эффективно решать подобные задачи. Это могут быть порты, суда, навигационное оборудование и многие другие сферы. В настоящее время Интернет вещей активно вводится в использование, являясь важной частью работы отрасли водного транспорта.

**Ключевые слова:** IoT, интернет вещей, водный транспорт, навигация, умный порт, автономное судно

**Abstract.** The article discusses the main areas of application of IoT in water transport at the present time. The Internet of Things, capturing more and more aspects of our life, provides serious prerequisites for the use of control and monitoring tools. IoT systems allow you to flexibly and efficiently solve such problems. These can be ports, ships, navigation equipment and many other areas. The Internet of Things is currently being actively used as an important part of the work of the water transport industry.

**Keywords:** IoT, internet of things, water transport, navigation, smart port, autonomous ship

Введение.

В последнее время создается все больше устройств и технологий для более комфортного управления и взаимодействия. Одним из способов автоматизации стал Интернет вещей (Internet of Things). По определению Интернетом вещей являются физические объекты, подключенные к сети и обменивающиеся данными. Машинная связь (MTC - Machine type communications - форма передачи данных, включающая одну или несколько сущностей, которыми люди не могут управлять напрямую) является ключом к морскому Интернету вещей благодаря необходимости установления связи между судами и берегом, а также между судами для поддержки выполнения различных видов морских услуг. Интернет вещей также может быть полезен при поисково-спасательных операциях, в навигационных устройствах и в устройствах, отслеживающих перевозки. Рассмотрим подробнее области его применения на водном транспорте.

Навигация в данный момент не может обойтись без IoT [1-3]. Одним из важнейших аспектов навигации является мониторинг буев и маяков [1]. Система контроля на основе Интернета вещей позволяет быстро и эффективно реагировать в случае возникновения проблем, что обеспечивает как безопасность навигации, так и целостность сигналов.

Буи и их световые сигналы необходимы для безопасного прохождения маршрута водным транспортом. Устройство IoT может отправить сигнал о падении напряжения аккумулятора, увеличении смещения координат, сигнал об открытом кожухе лампы, а также отсутствии сигнала от буйа более четырех часов. В навигации отдельно стоит отметить системы морской картографии [4]. Данные системы разработаны для обеспечения бесперебойной, согласованной и стандартизированной базы данных, включающей: морской климат, данные о навигации с использованием

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції  
 «ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
 23 - 25 вересня 2021 р., Одеса

фотограмметрії, підходи, основані на зондуванні або лазерному скануванні і т.д. Тем не менше, сучасні методи базуються або на віддаленому моніторингу з використанням супутників, не маючих виможуваної точності з-за забруднень в атмосфері, або на методах, основаних на розвідці. К таким методам відносять пошукові судна, включаючи гідрографічні і океанографічні судна, які не можуть покрити обширні простори океанів і морів з-за фізических обмежень і обмеженої кількості проведених досліджень.

Наглядно всі можливості застосування ІоТ на водному транспорті можна побачити в табл. 1.

Таблиця 1. Можливості ІоТ на водному транспорті

ІоТ на водному транспорті	
Область	Застосування
Навігація	Буї і світлові маячки
	Морська картографія
	Моделювання транспортних потоків
Умний порт	Управління виробничими процесами
	Логістика
	Відстежування
	Управління складом
	Системи швартовки
Умне судно	Оптимізація
	Моніторинг

Некоторые из крупных портов по всему миру уже предоставляют интерактивные услуги своим клиентам используя новейшие технологии. Примером может служить порт Гамбург в Германии. Одной из интерактивных услуг для клиентов является возможность найти суда и места их расположения, проверить их состояние в режиме реального времени на сайте порта.

Порт Амстердам запустил несколько приложений. Приложение «I am Port» предлагает информацию о местонахождении судов и маршрутах движения в порту в режиме реального времени. Кроме того, мы можем найти информацию о прибытии и отправлении, размере, осадке и причаливании каждого судна в порту. Они также маркируют суда разными цветами, но цвет означает не тип судна, а скорее его статус.

Стартап We4Sea (<https://www.we4sea.com/>) разрабатывает приложение для судов, что позволяет сократить расходы на топливо до 20 процентов. Система We4Sea собирает некоторые оперативные данные по судну, как его местоположение, скорость, курс и данные двигателя, и отправляет их на берег для объединения с другими данными, такими как погода, высоты волн, сила ветра. После объединения этих данных, системные алгоритмы и энергетические модели преобразуют их в полезную информацию для оптимизации эксплуатации и комплектации.

Системы мониторинга физического и психоэмоционального состояния экипажа могли бы быть внедрены с применением технологии IoT.

Заключение.

Основными сильными сторонами Интернета вещей являются гибкость и модульность вместе с низкими затратами.

Основная цель IoT - повысить комфорт и производительность в области применения. Он может способствовать существенному повышению эффективности и качества услуг, безопасности эксплуатации оборудования и безопасности портов благодаря повышению доступности и точности соответствующей информации. Морской IoT должен иметь адаптивную структуру, гибкость для внедрения новых приложений, обеспечивать безопасное подключение к существующим информационным системам и обрабатывать огромное количество данных. Количество областей применения Интернета вещей только увеличивается. Интернет вещей находит применение не только в порту, но и на судах, в навигационном оборудовании и прочих сферах.

IoT эффективен в сборе данных о погодных условиях, состоянии оборудования, местонахождении и т.д. Использование полученной информации помогает в принятии решений, позволяя оценить ситуацию в

более полном объеме, а также сводит к минимуму чрезвычайные и травмоопасные ситуации, что особенно актуально в системах, применяемых в промышленных и коммерческих задачах.

Можно предвидеть, что системы морского IoT станут незаменимыми помощниками в области водного транспорта.

### Литература

1. S. D. Pizzo, A. De Martino, G. De Viti, R. L. Testa and G. De Angelis, "IoT for Buoy Monitoring System," 2018 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), 2018, pp. 232-236, doi: 10.1109/MetroSea.2018.8657828.

2. Zhilenkov, A.A. Intelligent autonomous navigation system for UAV in randomly changing environmental conditions / A. A. Zhilenkov, S. S. Sokolov, S. G. Chernyi, A. P. Nyrvov // Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, Vol. 38, No. 5. – 2020. – Pp. 6619 - 6625. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179741>

3. Шипунов И.С. ИОТ устройства как важный аспект современного морского транспорта / Шипунов И.С., Нырков А.П. // Материалы конференции «XVII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2020)». Часть 1. Санкт-Петербург, 28-30 октября 2020. - СПб.: СПОИСУ, 2020. – С. 362–364.

4. M. Al-Khalidi, R. Al-Zaidi, J. Woods, M. Reed and E. Pereira, "Securing Marine Data Networks in an IoT Environment," 2019 7th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 2019, pp. 125-132, doi: 10.1109/FiCloud.2019.00025.

УДК 004.9

### СИНТЕЗ ИНТЕГРАЛЬНОГО СИГНАЛА ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

Д.т.н. Филатова А.Е. <sup>[0000-0003-1982-2322]</sup>,  
д.т.н. Поворознюк А.И. <sup>[0000-0003-2499-2350]</sup>

*E-mail: filatova@gmail.com*

### SYNTHESIS OF AN INTEGRAL SIGNAL FOR MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAMS

**Dr. Sci. Filatova A.E., Dr. Sci. Povoroznyuk A.I.**

**Аннотация.** Данная работа посвящена разработке метода синтеза интегральной электрокардиограммы во фронтальной плоскости от всех

отведенный от конечностей с учетом углов отведений в гексаксиальной системе отсчета и положения электрической оси сердца. Проверка результатов проводилась с использованием базы данных электрокардиограмм, которые были записаны с помощью транстелефонного цифрового 12-канального электрокардиологического комплекса «Телекард», входящего в состав лечебно-диагностического комплекса «TREDEX». В работе показано, что предложенный метод синтеза интегрального сигнала с локально сконцентрированными признаками позволит повысить качество морфологического анализа электрокардиограмм в кардиологических системах поддержки принятия решений.

**Ключевые слова:** электрокардиологическое исследование; кардиологические системы поддержки принятия решений; вероятностно-временные характеристики; биомедицинские сигналы с локально сосредоточенными признаками.

**Abstract.** This work is developed a method for synthesizing an integral electrocardiogram in the frontal plane from all limb leads, taking into account the lead angle in the hexaxial reference system and the position of the heart's electrical axis. Verification of the results was carried out using a database of electrocardiograms, which were recorded using a transtelephone digital 12-channel electrocardiological complex "Telecard", which is part of the medical diagnostic complex "TREDEX". The work shows that the proposed method for the synthesis of an integral signal with locally concentrated features will improve the quality of morphological analysis of electrocardiograms in cardiological decision support systems.

**Keywords:** morphological analysis, biomedical signals, locally concentrated features, integral electrocardiogram, heart's electrical axis, cardiological decision support system.

Наиболее распространенным способом диагностики сердечно-сосудистых заболеваний является морфологический анализ электрокардиограммы (ЭКГ) с последующим анализом амплитудно-временных характеристик найденных зубцов и комплексов и их формы [1].

Задача повышения качества автоматического морфологического анализа биомедицинских сигналов остается актуальной из-за большого разнообразия форм зубцов ЭКГ, которое обусловлено не только наличием патологических процессов в миокарде, но и положением электрической оси сердца (ЭОС).



В работе разработан метод синтеза интегрального электрокардиологического сигнала по всем отведениям от конечностей с учетом углов отведений в гексаосиальной системе отсчета и положения ЭОС.

Это позволит повысить качество морфологического анализа ЭКГ в кардиологических системах поддержки принятия решений и уменьшить количество врачебных ошибок.

Для синтеза интегрального электрокардиологического сигнала был использован предложенный авторами в [2] метод определения ЭОС. Предложенный метод позволяет получить интегральные сигналы для ЭКГ с различным положением ЭОС с соизмеримыми амплитудными характеристиками основных структурных элементов, что позволит определить общие показатели нормы.

В работе выполнена верификация разработанного метода на реальных ЭКГ, которые были записаны с помощью транстелефонного цифрового 12-канального электрокардиологического комплекса «Телекард», входящего в состав медицинского диагностического комплекса «TREDEX» (производство ООО «Компания TREDEX», г. Харьков).

Дальнейшие исследования направлены на изучение морфологических свойств интегрального сигнала для ЭКГ с различными патологиями с целью повышения морфологического анализа ЭКГ в кардиологических системах поддержки принятия решений.

### Литература

1. Kaur A. A Novel Approach to ECG R-Peak Detection / A. Kaur, A. Agarwal, R. Agarwal, S. Kumar // Arab J Sci Eng. – 2019. – Vol. 44. – Pp. 6679–6691. doi:10.1007/s13369-018-3557-8.
2. Filatova A. E. Method of automatic determination of the heart's electrical axis in cardiological decision support systems / A. E. Filatova, A. I. Povoroznyuk, M. Fahs // Scientific Journal Applied Aspects of Information Technology. – 2021. – Vol. 4 (1). – Pp. 11–23. doi:10.15276/aait.01.2021.1.7.

УДК 004

**АНАЛІЗ ОСНОВНИХ АЛГОРИТМІВ ВИКОРИСТАННЯ  
ШТУЧНОЇ ІМУННОЇ СИСТЕМИ**

**Гільміяров В.О.** <sup>[0000-0042-0429-895X]</sup>,  
**к.т.н. Рудніченко Н.Д.** <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
**Плотніков М.С.** <sup>[0000-0001-9403-8831]</sup>

*E-mail: gilmiarov@gmail.com, nickolay.rud@gmail.com,  
supernikita4@gmail.com*

**BASIC ALGORITHMS USING AN ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM  
ANALYSIS**

**Gilmiyarov VO, Ph.D. Rudnichenko ND, Plotnikov MS**

**Анотація.** У даній роботі наведено результати аналізу основних алгоритмів використання штучної імунної системи для вирішення оптимізаційних завдань.

**Ключові слова:** штучні імунні системи, обчислювальний інтелект.

**Abstract.** This paper presents the results of the analysis main algorithms for using an artificial immune system to solve optimization problems.

**Keywords:** artificial immune systems, computational intelligence.

Актуальність проблеми. На сьогоднішній день моделювання, що кожного дня розвивається та використовується майже всюди, не може обійтися без засобів природних обчислень, таких як: штучні імунні системи, штучні нейронні мережі, мурашині алгоритми, метод рою частинок, генетичні алгоритми тощо. Більший потенціал у сфері вирішення складних оптимізаційних задач мають штучні імунні системи (ШІС). ШІС – це адаптивна обчислювальна система, яка використовує основні аспекти функціонування природної імунної системи живих організмів (її функцій, механізмів, принципів, моделей) під час вирішення різноманітних прикладних задач [1]. Кожний живий організм складається з органів, тканин, клітин тощо. Таку сукупність зв'язаних між собою елементів, які забезпечують захист організму від чужорідних агентів прийнято називати імунною системою. Для цього організм повинен обробляти інформацію. Пристосування механізмів імунної системи у вигляді ШІС для вирішення багатоцільових задач, що потребують значних обчислень, на сьогоднішній день, є актуальним. ШІС дуже добре показали себе при вирішенні задач у

сфері комп'ютерної безпеки, а саме: виявлення комп'ютерних вірусів, моніторинг процесів, знаходженні аномалій, діагностиці систем [1].

Слід зазначити, що достатньо продуктивним видалась спільна робота ШС з генетичними алгоритмами та нейронними мережами. В ШС основними алгоритмами прийнято вважати такі: клоновий алгоритм відбору, негативний алгоритм відбору, імунний мережний алгоритм, дендритний алгоритм [2].

Клоновий алгоритм відбору представляє собою клас алгоритмів, за основу яких взяті методи клонової селекції та теорію придбаного імунітету, який дає розуміння про реакцію B і T лімфоцитів на антигени. Алгоритм передбачає, що зі збільшенням афінності клітини збільшується кількість її копій та зменшується ймовірність виникнення мутацій у клітині [2].

Принцип роботи алгоритму полягає у створенні випадковим чином множини антитіл, для кожного з яких визначається афінність щодо досліджуваного антигена та здійснюється упорядкування за отриманими значеннями. З множини обирається деяка кількість антитіл з найбільшим значенням афінності та здійснюється клонування. Результати поміщаються до другої множини, де до клонів застосовується операція мутації. Після проведення мутації результати поміщаються до третьої множини для клітин якої розраховується афінність щодо досліджуваного антигена. З третьої множини виконується вибірка найкращої клітини за значенням афінності та поміщається до наступної множини.

Суть негативного алгоритму відбору полягає у тому, що кожне нове антитіло ШС, утворене у процесі мутації, піддається тесту на подібність до клітин організму.

При наявності подібних збігів антитіло знищується тому, що є ризик завдати шкоди ШС. Негативна селекція утворює певний шаблон клітин, які не є подібними до клітин організму, подібні зовнішнім вірусам, тобто вони не підходять до організму і будуть вважатися чужими. Коли негативні клітини знайдено, на основі деякого шаблону, генеруються антитіла. Алгоритм використовується у вирішенні задач класифікації та розпізнаванні образів. Імунно мережний алгоритм представляє собою структуру мережного графа, вузли якого є антитілами, а відстань між вузлами залежить від ступеня їх умовної близькості. Найчастіше використовується у вирішенні задач кластеризації, візуалізації даних.

Висновки. В результаті виконання даної роботи проведено основних алгоритмів ШС та обгранкувано актуальність їх використання для подальшої імплементації в рамках проекту інформаційної системи.

### Література

1. Чернышев Ю.О. Искусственные иммунные системы: обзор и современное состояние / Ю.О. Чернышев, Г.В. Григорьев, Н.Н. Венцов // Программные продукты и системы. - 2014. - №108. - С.136-142.
2. Карпенко А.П. Глобальная оптимизация на основе гибридизации алгоритмов поиска гармонии и роя частиц / А.П. Карпенко, Т.В. Печенина, В.А. Буланов // Машиностроение и компьютерные технологии. - 2014. - №7. - 2014. - С.215-242.

УДК 004.4

### АНАЛІЗ ВИДАЧІ КРЕДИТІВ БАНКАМИ РІЗНИМ КЛІЄНТАМ ЗА ДОМОГОЮ СКОРІНГОВОЇ СИСТЕМИ

Колодіч І.Ю., к.т.н. Рудніченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
Бут Н.В. <sup>[0000-0021-1456-3446]</sup>

*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, vint532@yandex.ua,  
denscreamer@gmail.com, firmn@list.ru*

### ANALYSIS OF LOANS ISSUED BY BANKS TO VARIOUS CLIENTS USING A SCORING SYSTEM

**Kolodich I.Y., Ph.D. Rudnichenko N.D., But N.V.**

Кредитування банками фізичних осіб в Україні є масовим явищем, і сучасна економічна ситуація підштовхує банки до розширення кредитного пропозиції.

Але розширення пропозицій кредитних продуктів і банківських послуг, зростання банківського бізнесу і ускладнення його характеру супроводжуються накопиченням ризиків. У зв'язку з цим необхідні адекватні заходи, які мінімізують ризики.

Оптимальне рішення цього завдання можливе при використанні системи кредитного скорингу. Зарубіжні банки подібними системами користуються вже давно.

Кредитний скоринг - це автоматична бальна система оцінки позичальника. Кожен клієнт банку проходить анкетування - залишає про себе докладні дані. Будь-яка його характеристика має своє значення в балах. Після перевірки достовірності цих даних і підсумовування набраних балів приймається рішення про платоспроможність потенційного позичальника і, виходячи з цього, про видачу або не видачу кредиту.

Величина «прохідного» балу залежить від кредитного продукту. Наприклад, для видачі банківської карти з кредитним лімітом в 5000 гривень він буде помітно менше, ніж для споживчого кредиту на покупку смартфона за 20 000.

Переваги скорингу [1]:

- оптимізація витрат на розгляд заявки за рахунок автоматизації процесу прийняття рішення та видачі кредиту;
- скорочення часу розгляду заявки, збільшення числа і швидкості оброблюваних заявок;
- відсутність суб'єктивної думки експерта при ухваленні рішення про видачу кредиту;
- визначення рівня дохідності та ризику кредитного портфеля;
- виявлення і запобігання спробам шахрайства.

Недоліки скорингу [1]:

- програма оцінює не реальну людину, а інформацію, яку він про себе повідомляє, і добре підготовлений клієнт може представити дані про себе так, що практично гарантовано отримає кредит;
- оцінка кредитоспроможності проводиться на підставі даних про тих позичальників, кредит яким було видано. Про поведінку позичальників, яким було відмовлено у видачі кредитів, можна лише здогадуватися.

Стандартний перелік за якими отримують результати для видачі кредитів такі як [2]: сімейний стан, наявність дітей, утриманців, вік позичальника, позитивна кредитна історія, працевлаштування, трудовий стаж, кваліфікація і посада.

Рівень заробітної плати. Кредитне навантаження. Рівень освіти. Наявність у власності нерухомості або автомобіля. Додатковий дохід. Паспортні дані. Актуальні контактні дані.

Для вирішення питань за видачою кредитів можна застосувати такі алгоритми як: «Випадковий ліс» [3], методом найближчих сусідів, «Наївний» байесовский класифікатор [4].

Висновки. В даній роботі проведений аналіз головних плюсів та мінусів скорингової системи, також були розібрані критерії за якими проводиться відбір клієнтів банку для видачі кредитів, та запропоновані алгоритми для вирішення даної задачі.

### Література

1. Скорингова система, її вразливість і перспектива розвитку в російських фінансових системах [Електроний ресурс] / М.Голояд – Режим

доступу: <https://www.banki.ru/blog/Milanix/9742.php>

2. Скоринг [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://www.calltouch.ru/glossary/skoring/>

3. Random forest algorithm - [Електроний ресурс] – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Random\\_forest](https://en.wikipedia.org/wiki/Random_forest)

4. «Наївний» байесовский класифікатор - [Електроний ресурс] – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Наивный\\_байесовский\\_классификатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наивный_байесовский_классификатор)

УДК 004.4

**РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПОШУКУ  
АНОМАЛІЙ ПРИ ТЕСТУВАННІ ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМ**  
Крамаренко Д.О. <sup>[0000-0013-6657-4955]</sup>, к.т.н. Рудніченко М.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
Шибасєва Н.О. <sup>[0000-0002-7869-9953]</sup>  
*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, denscreamer@gmail.com, firmn@list.ru*

**DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF INTELLECTUAL SEARCH  
FOR ANOMALIES IN TESTING OF INTERACTIVE SYSTEMS**  
Kramarenko D.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Ph.D. Shybaieva N.

**Анотація.** У роботі наведені результати розробки концепції інтелектуального пошуку аномалій при тестуванні інтерактивних систем у різних функціональних режимах.

**Ключові слова:** автоматизація тестування, пошук аномалій, штучний інтелект.

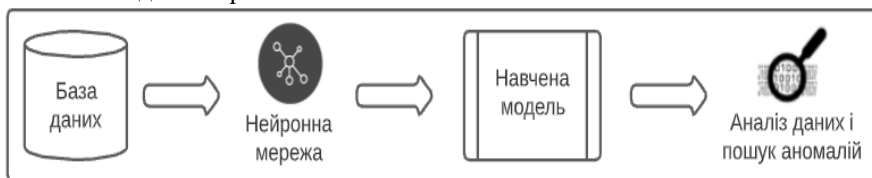
**Abstract.** The paper presents the results of the development of the concept of intelligent search for anomalies in testing interactive systems in different functional modes.

**Keywords:** automation of testing, search of anomalies, artificial intelligence.

Процес розробки програмного забезпечення супроводжується постійним пошуком і обробкою аномалій, кількість яких часто пропорційна складності програми. Особливо актуальний пошук помилок в ігрових продуктах, так як структура ігор складається з комплексних модулів і часто генерує помилки. Тому питання тестування ігор стає все важче і дорожче з кожним роком, на великих проектах кількість часу,

витраченого на тестування, часто в кілька разів перевищує час розробки [1]. Автоматизоване тестування розвивається і поступово замінює мануальне, але різноманітність ігор і правил уповільнює цей процес. Одне з найпоширеніших завдань для тестування в відеоіграх є пошук візуальних дефектів: відсутність текстур, неправильна геометрія рівня, непрацюючий UI [2]. Кількість можливих помилок залежить від складності проєкту, але в сучасних AAA-іграх пошук візуальних багів може окупувати сотні спеціалістів і тисячі годин [3].

У кожній студії свої стандарти створення ігрового оточення, навіть на рівні окремих проєктів шаблони розробки можуть значно змінюватися. З цієї причини не можна створити єдиний інструмент для автоматизованого пошуку дефектів виходячи з фіксованих правил. Рішенням цієї проблеми може стати нейронна мережа, налаштована на пошук аномалій. Виявлення аномалій ґрунтується на пошуку відхилень від стека нормальних даних [4]. Для того, щоб система могла працювати, дані повинні бути згруповані відповідним чином і нести в собі загальні риси, які легко виявити. У разі пошуку дефектних текстур у відеоіграх, такими даними стануть зображення ігрового оточення і витягнута з зображення кольорна гамма об'єктів. Для коректного навчання всі дані повинні бути нормальними, для підвищення ефективності пошуку аномалій. Спрощена концепція пошуку аномалій надана на рис. 1.



*Рис. 1. Спрощена схема роботи нейронної мережі*

Так як створення нейронної мережі націлене на вирішення проблеми пошуку візуальних дефектів, для реалізації рішення буде досить аналізу зображень. Надання таких вихідних даних, як розташування та джерело дефекту, можуть бути реалізовані за допомогою внутрішньо ігрових інструментів. На прикладі розпізнавання дефектних текстур за допомогою мануального тестування, нейронна мережа повинна вміти знаходити неприродні кольори і аномальні патерни на зображенні. Для мінімізації помилкових спрацьовувань і запобігання перенавчання нейронної мережі в систему пошуку аномалій необхідно внести оператора, який буде аналізувати і управляти стеком знайдених аномалій. Після сортування

отриманих вихідних даних зображення з аномаліями можуть бути згруповані для нового курсу навчання, зображення з нормальними даними будуть збережені в базу даних для повторення і закріплення початкової моделі навчання. В процесі роботи та подальшому навчанні відсоток помилкових спрацьовувань нейронної мережі буде ставати менше, система зможе розпізнавати більшу кількість аномалій і краще адаптується до націленої гри. На рис. 2 наведено схематичне зображення процесу пошуку аномалій за участю людської перевірки.

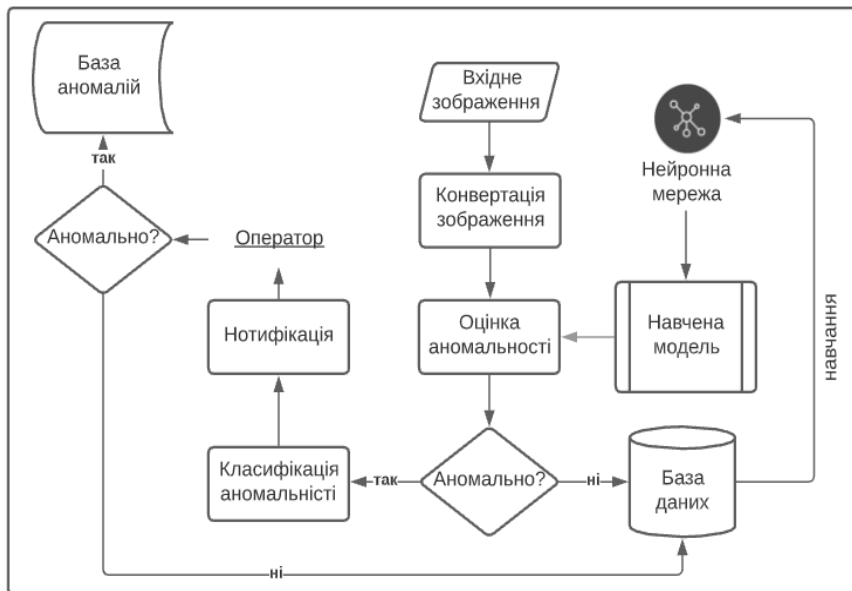


Рис. 2. Схематичне зображення процесу пошуку аномалій

**Висновки.** Метод аналізу зображення для пошуку аномалій допоможе у виявленні дефектних текстур, що обмежує практичність системи лише одним видом багів. Для визначення інших візуальних аномалій необхідно провести аналіз результатів і розробити додаткові алгоритми для підвищення надійності інструменту в тестуванні.

### Література

1. Пошук аномалії за допомогою нейромереж [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/krista/blog/478392/>.
2. Виявлення аномалій [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Виявлення\\_аномалій](https://uk.wikipedia.org/wiki/Виявлення_аномалій).



3. Дані моніторингу за допомогою нейромережі [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/itsumma/blog/341598/>.

4. Charles P. Game Testing: All in One / P. Charles, M. Schultz, B. Robert, T. Langdell // Course Technology, 2005. – 520 p.

УДК 004.4

**АНАЛІЗ СПЕЦИФІКИ ФУНКЦІОНАЛУ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМИ ВИРІШЕННЯ ТУРИСТИЧНИХ  
ЗАВДАНЬ**

**Мельник Б.О.** <sup>[0000-0002-9683-2033]</sup>, **к.т.н. Рудниченко Н.Д.** <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
**Ткачук І.В.** <sup>[0000-0002-3955-9454]</sup>

*E-mail: bogdanmelnikbo@gmail.com, nickolay.rud@gmail.com,  
tkachukiii@gmail.com*

**ANALYSIS OF TYPES OF RECOMMENDATION SYSTEMS IN ORDER  
TO DETERMINE THE OPTIMAL MODEL OF THE  
RECOMMENDATION SYSTEM OF TOURIST SERVICES  
Melnik B.O., Ph.D. Rudnichenko N.D., Tkachuk I.V.**

**Анотація.** У роботі наведені результати аналізу типів рекомендаційних систем з урахуванням потреб предметної області туристичних послуг. Визначено оптимальний шлях для отримання максимального результату.

**Ключові слова:** рекомендаційні системи, інтелектуальний аналіз даних.

**Abstract.** The paper presents the results of the analysis of the types of recommendation systems taking into account the needs of the subject area of tourist services. The optimal way to get the maximum result is determined.

**Keywords:** recommendation systems, data mining.

Актуальність використання сучасних розробки нових інформаційних систем підбору рекомендацій полягає в зміні взаємодії сучасної людини з сервісами.

Зараз багато сервісів містять величезну кількість інформації, яка складається з об'єктів і зберігається у всіляких форматах. Рекомендаційна система (РС) намагається передбачити які саме з цих об'єктів будуть цікаві

користувачеві. На основі цього вибудовується новий спосіб комунікації сервісів і користувачів, де кожен користувач може поліпшити взаємодію з системою, тому що інформація підібрана по його інтересам і вподобанням [1]. Завдання полягає в тому, щоб визначити оптимальні типи рекомендаційних систем, для поліпшення зручності використання туристичної соціальної мережі.

Товаром або послугою буде певний об'єкт в сфері туризму. Дані ми будемо отримувати з туристичної соціальної мережі, де є два типи користувачів. Одні користувачі це B2C (business-to-customer) бізнес для споживача, наприклад турагенство.

А інші B2B (business to business) - в цю категорію входить всі можливі готелі, каршерінг, кейтеринг і тому подібні підприємства. Рекомендаційні системи діляться на 4 типи: колаборативна фільтрація, засновані на контент, знаннях та гібридні.

Коллаборативна фільтрація (collaborative filtering) - це система, рекомендації якої засновані на історії оцінок, як самого користувача, так і інших. Плюси полягають в тому, що якщо у нас є достатня кількість даних про користувача - ми можемо передбачити його наступний вибір (висока теоретична точність). Мінуси полягають у тому, що для нових користувачів про яких у нас немає даних або їх дуже мало, ми не можемо скласти рекомендації [2].

Засновані на контенті (content-based) - це система рекомендацій, яка заснована на знаннях про продукти. Наприклад: кількість місць в готелі, ціни, вільні дати. Плюси в тому, що такий метод допомагає не втратити нових користувачів, даних про яких ще немає.

Мінуси в тому, що цей метод дуже неточний і потрібно більше часу на реалізацію. Засновані на знаннях (knowledge-based) - це тип рекомендаційних систем, де рекомендації пропонуються на основі знань про якусь предметної області, про користувачів товари та інші даних, які можуть допомогти в ранжируванні. У такій системі оцінок не враховуються. Плюси в тому що ми можемо запропонувати заздалегідь відомий перелік товарів або послуг, які найкращим чином підходять один до одного. І в такому випадку система буде володіти високою точністю. Мінус в тому, що для розробки такої системи потрібно багато часу і ресурсів.

Гібридні (hybrid) - комбінування декількох типів рекомендаційних систем, для отримання більш точного результату або мінімізації недоліків окремих типів рекомендаційних систем.

Використовується великою кількістю популярних сервісом на сьогодні

для отримання самого точного результату на виході.

Мінус, як і у випадку з knowledge-based полягає в складності розробки [3].

Висновки. Метод коллаборативної фільтрації є найбільш ефективним для рекомендації відповідних контактів, на основі взаємодій користувача з веб-сайтом в рамках запропонованої системи у сфері туризму.

У системі можна буде враховувати туристичні напрямки, з якими вона працює, та відгуки, які були залишені певним готелям або каршерінгам, для побудови рекомендації у сфері бізнесу.

А другий тип knowledge-based буде використовуватися для файлів, документів, статей та інших медіа, які потенційно могли б бути цікаві конкретному бізнесу.

### Література

1. Стуєнко І.Ю. Розробка програмного забезпечення для створення рекомендаційних систем / І.Ю. Стуєнко, М.Д. Рудніченко, Д.С. Шибяєв // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи і технології» 24–26 вересня 2020 р., м.Одеса. - 2020. - С.212-214.

2. Рудніченко М.Д. Проект інтелектуальної рекомендаційної системи візуалізації багатомірних даних / М.Д. Рудніченко, С.Є. Тищенко, О. О. Ярчук, А. С. Войцеховський // Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах: збірник тез доповідей ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 28 листопада 2019 року. Львів, ЛДУБЖД, 2019. – С.277-278.

3. Гежа М.І. Розробка концепції проекту рекомендаційної системи інтелектуального аналізу великих обсягів даних / М.І. Гежа, С.Є. Тищенко, Є.А. Голопотилюк // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв: Вид-во ЧПУ ім. Петра Могили, 2019. – С. 99 – 102.

УДК 004

**КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОШУКУ  
ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ НА ГРАФОВИХ МОДЕЛЯХ**

**Пашковський М.Р.** <sup>[0000-0005-4544-5999]</sup>,  
**к.т.н. Рудніченко Н.Д.** <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>, **Голопотиліук Є.А.** <sup>[0000-0054-5504-0053]</sup>  
*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, pashkovvv@yandex.ua,*  
*golopotilukevgen@list.ru*

**CONCEPT OF THE PROJECT OF THE INFORMATION SYSTEM OF  
SEARCH OF OPTIMAL ROUTES ON GRAPH MODELS**  
**Pashkovsky M.R., Ph.D. Rudnichenko N.D., Holopotilyuk E.A.**

***Анотація.*** У роботі наведені результати дослідження можливостей створення та основного функціоналу концепції проекту інформаційної системи пошуку оптимальних маршрутів на графових моделях.

***Ключові слова:*** пошук оптимального шляху, графові моделі, імітаційне моделювання.

***Abstract.*** The paper presents the results of the study of the possibilities of creating and the main functionality of the project concept of the information system for finding optimal routes on graph models.

***Keywords:*** optimal path search, graph models, simulation modeling.

Проблема пошуку оптимальної відстані була актуальна завжди. Сьогодні методи пошуку використовуються в логістиці, в туризмі, і в повсякденному житті в місті, коли треба продумати як найшвидше дібратися з точки «А» в точку «Б» [1].

Система пошуку оптимального стану (шляху) на графі призначається для автоматизації прокладання маршрутів на картах [2].

Ця система буде корисна для користувачів, які постійно працюють з картами та, яким потрібно прокладати нові шляхи та маршрути. Розробка системи актуальна в таких сферах, де постійно потрібно, або оптимізувати, або створити новий маршрут.

Концептуальна ідея проекту системи полягає в тому, щоб проаналізувати спеціальний список вхідних параметрів та видати на виході маршрут, який максимально повно відповідає вимогам користувача. В список вхідних параметрів планується внести: максимальну, або мінімальну довжину маршруту; тип пересіченої місцевості; трудність подолання перешкоди, або її обхід; початок та/або кінець маршруту;

параметр, який визначає, як часто повинен на маршруті траплятись певний об'єкт; карту району, об'єкти якого програмно будуть приведені у вигляді графа.

Система буде виконувати пошук оптимальних маршрутів за допомогою алгоритму  $A^*$ , який призначено для пошуку по першому найкращому збігу на графі, який знаходить маршрут з найменшою вартістю від однієї вершини (початкової) до іншої (цільової, кінцевої) [3].

Систему планується реалізувати у вигляді мобільного додатку на мові програмування Java в середовищі IntelliJ IDEA.

Найкращим алгоритмом для пошуку оптимальних шляхів в різних просторах є  $A^*$ . Цей евристичний пошук сортує всі вузли по наближенню найкращого маршруту йде через цей вузол. Типова формула евристики виражається у вигляді  $f(n) = g(n) + h(n)$ , де  $f(n)$  значення оцінки, призначений вузлу  $n$ ,  $g(n)$  найменша вартість прибуття в вузол  $n$  з точки старту,  $h(n)$  евристичне наближення вартості шляху до мети від вузла  $n$ .

Таким чином, цей алгоритм поєднує в собі облік довжини попереднього шляху з алгоритму Дейкстра з евристикою з алгоритму "кращий-перший".

Він гарантовано знаходить найкоротший шлях, до тих пір поки евристичне наближення  $h(n)$  є допустимим, тобто він ніколи не перевищує дійсної відстані до цілі, яка залишилась.

Цей алгоритм найкращим чином використовує евристику: жоден інший алгоритм не розкрис менше число вузлів, не враховуючи вузлів з однаковою вартістю [2].

Порівнюючи алгоритми: алгоритм Дейкстри обчислює відстань від початкової точки.

Жадібний пошук по першому найкращому збігу оцінює відстань до точки мети.  $A^*$  використовує суму цих двох відстаней (рис.1).

Висновки. В результаті аналізу методів пошуку оптимального шляху на графах виявлено, що для проборонованої системи найкращим алгоритмом виявився  $A^*$  за його ефективність на гнучкість, порівняно з іншими методами.

На базі отриманих результатів з розробки концепції проекту стає можливим його подальша програмна імплементація.

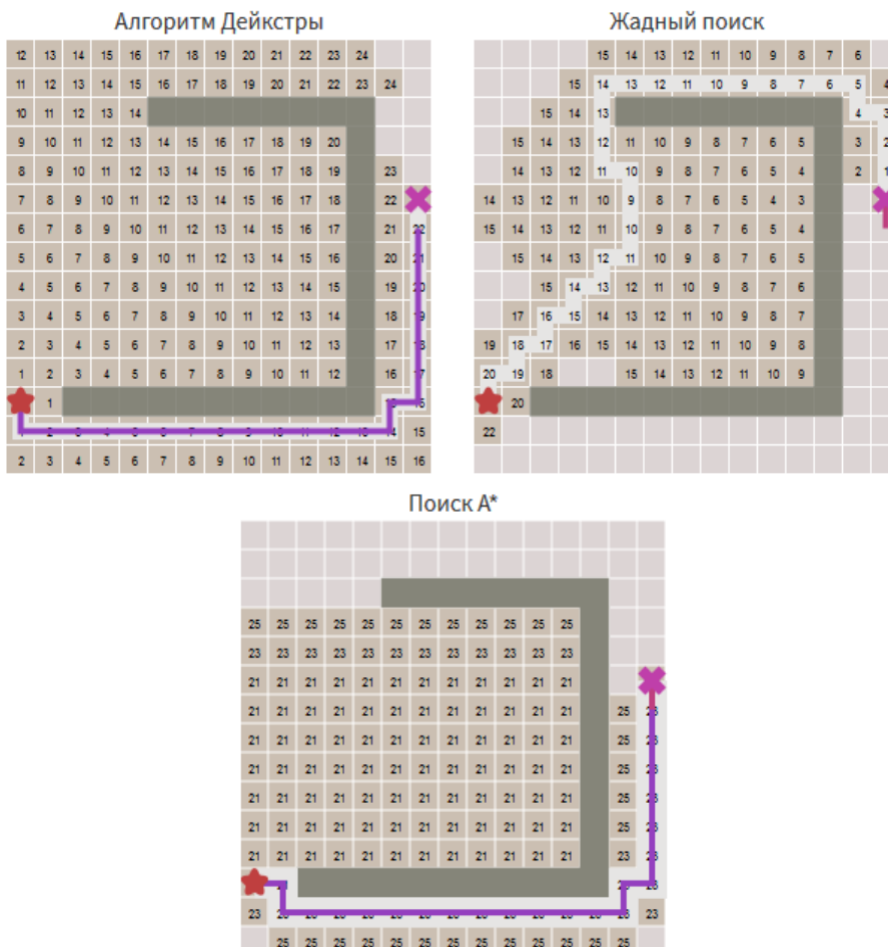


Рис. 1. Порівняння алгоритмів A\*, Дейкстри та жадібний

### Література

1. Алгоритми пошуку шляху. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://pmg.org.ru/ai/stout.htm>.
2. Введення в алгоритм A\* [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/331192/>.
3. Пошук на графах. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://synset.com/ai/ru/search/Graphs\\_search.html](http://synset.com/ai/ru/search/Graphs_search.html).

УДК 004

**АНАЛІЗ СПЕЦИФІКИ ЗАСТОСУВАННЯ АСОЦІАТИВНИХ ТА  
УЗАГАЛЬНЕНИХ ЛОГІЧНИХ ПРАВИЛ**

Унгурян Д.З. <sup>[0000-0004-4402-0449]</sup>, к.т.н. Рудніченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
к.т.н. Козлов А.Ю. <sup>[0000-0002-2353-1156]</sup>

*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, kizlofefim@yandex.ua, ugn@list.ru*

**ANALYSIS OF THE SPECIFICITY OF APPLICATION OF  
ASSOCIATIVE AND GENERALIZED LOGICAL RULES  
Unguryan D.Z., Ph.D. Rudnichenko N.D., Ph.D. Kozlov A.Y.**

**Анотація.** Метою даної роботи є розгляд та аналіз асоціативних та узагальнених асоціативних правил. Розглянуто та дано відповідь на наступні питання: що таке асоціативні та узагальнені правила; завдання асоціативних правил; роль асоціативних правил; алгоритм асоціативних правил; наведено приклади використання асоціативних правил та розгляд ринкового кошика.

**Ключові слова:** асоціативні дані, узагальнені асоціативні дані, алгоритм APriori, ринковий кошик.

**Abstract.** By the method of the given robot є a look at the analysis of the associative and public associative rules. It is clear and given a view on the next meal: the same are the associative and public rules; establishment of associative rules; the role of association rules; algorithm of associative rules; That is, it is pointed at the bottom of the associative rules and the view of the cinnamon cat.

**Keywords:** associative data, generalized associative data, APriori algorithm, market basket.

Вперше завдання пошуку асоціативних правил була запропонована для знаходження типових шаблонів покупок, що здійснюються в супермаркетах, тому іноді її ще називають аналізом ринкової корзини (market basket analysis) [1]. Нехай є база даних, що складається з купівельних транзакцій. Кожна транзакція - це набір товарів, куплених покупцем за один візит. Таку транзакцію ще називають ринковою кошиком. Метою аналізу є встановлення наступних залежностей: якщо в транзакції зустрівся деякий набір елементів XX, то на підставі цього можна зробити висновок про те, що інший набір елементів YY також же повинен

з'явитися в цій транзакції. Встановлення таких залежностей дає нам можливість знаходити дуже прості і інтуїтивно зрозумілі правила [2].

Алгоритми пошуку асоціативних правил призначені для знаходження всіх правил ХУХУ, причому підтримка і достовірність цих правил повинні бути вище деяких наперед визначених порогів, які називаються відповідно мінімальною підтримкою (*minsupport*) і мінімальною достовірністю (*minconfidence*)[1]. Один з перших алгоритмів, які ефективно вирішують подібний клас завдань, - це алгоритм APriori. Крім нього були розроблені і інші алгоритми: DHP, Partition, DIC [2]. Значення для параметрів мінімальна підтримка і мінімальна достовірність вибираються таким чином, щоб обмежити кількість знайдених правил. Якщо підтримка має велике значення, то алгоритми знаходять правила, добре відомі аналітикам або настільки очевидні, що немає ніякого сенсу проводити такий аналіз. З іншого боку, низьке значення підтримки веде до генерації величезної кількості правил, що, звичайно, вимагає істотних обчислювальних ресурсів. Тим не менше, більшість цікавих правил знаходиться саме при низькому значенні порогу підтримки. Хоча занадто низьке значення підтримки веде до генерації статистично необґрунтованих правил. Одна з проблем - алгоритмічна складність при знаходженні часто зустрічаються наборів елементів, тому що з ростом числа елементів в  $I$  ( $|I|$ )  $I$  ( $|I|$ ) експоненціально зростає число потенційних наборів елементів.

Нехай нам дана база транзакцій  $DD$  і відомо в які групи (таксони) входять елементи. Тоді можна витягати з даних правила, що зв'язують групи з групами, окремі елементи з групами. Наприклад, якщо покупець купив товар з групи «Безалкогольні напої», то він купить і товар з групи «Молочні продукти» або «Сік» «Молочні продукти». Ці правила носять назву узагальнених асоціативних правил. Окремі елементи можуть мати недостатню підтримку, але в цілому група може задовольняти порог *minsupport*. Для знаходження таких правил можна використовувати будь-який з вищеназваних алгоритмів. Для цього кожному транзакцію потрібно доповнити усіма предками кожного елемента, що входить в транзакцію. Однак, застосування «в лоб» цих алгоритмів неминуче призведе до наступних проблем. Елементи на верхніх рівнях ієрархії прагнуть до значно більших значень підтримки у порівнянні з елементами на нижніх рівнях. З додаванням в транзакції груп збільшилася кількість атрибутів і відповідно розмірність вхідного простору. Це ускладнює завдання, а також веде до генерації більшої кількості правил.

Висновки. В результаті проведеного аналізу встановлено, що для знаходження узагальнених асоціативних правил бажано використання



спеціалізованого алгоритму [3], який усуває вищеописані проблеми і до того ж працює в 2-5 разів швидше, ніж стандартний APriori.

### Література

1. Введення в аналіз асоціативних правил - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://loginom.ru/blog/associative-rules>.
2. Алгоритми виділення асоціативних правил - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ranalytics.github.io/data-mining/054-Association-Rules-Algos.html>.
3. Characteristics of association rules and item sets - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/docs/en/db2/10.5?topic=visualizer-characteristics-association-rules-item-sets>.

УДК 004

### ПРОЕКТ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОЦІНКИ КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ

Фіщук Д. Л., к.т.н. Рудніченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>,  
Шибасєв Д.С. <sup>[0000-0002-3260-5843]</sup>  
E-mail: [arenatdk@gmail.com](mailto:arenatdk@gmail.com)

### ACREDIT RISK ASSESSMENT DECISION SUPPORT SYSTEM Fishchuk D.L., Ph.D. Rudnichenko N.D., Shybaiev D.

**Анотація.** У роботі наведені результати розробки та дослідження моделей глибокого навчання на основі інтелектуального аналізу даних для визначення методів кредитного скорингу.

**Ключові слова:** кредитний скоринг, прогнозування, нейронна мережа, інтелектуальний аналіз даних, скорингова модель, регресія, скорингова карта.

**Abstract.** The paper presents the results of development and research of deep learning models based on data mining for determining credit scoring methods.

**Keywords:** credit scoring, forecasting, neural network, data mining, scoring model, regression, scoring map.

Процес розвитку ринкових поглядів в Україні показує значне зростання потреби на кредитні служби банків з боку суб'єктів

господарювання. У зв'язку з цим, банки повинні дбайливо ставитися до такого завдання, як аналіз кредитоспроможності позичальника, в першу чергу через свою ж власної економічної безпеки. Сьогодні банківські установи розробляють всілякі підходи для оцінки кредитостійкості замовників, притому кожен рішучий банк розробляє особисту систему оцінки кредитоспроможності ймовірного позичальника, стікаючи з певних угод договору, пріоритетів в роботі банку, його спеціалізації, місця для ринку, конкурентоспроможності, стану відносин з клієнтурою, ступеня фінансової і політичної стійкості в країні і тому подібне. У зв'язку з цим затребуваність теми дослідження пов'язана також з тим, що результативна оцінка кредитоспроможності контрагента - це одна з найбільших завдань банківської системи України. Кожному банку саме кредитні операції приносять найбільші доходи і від того, наскільки правильно будуть обрані методи і дотримані умови кредитування, в значній мірі залежить результат кредитної операції, особливо, коли банківська система України переживає кризу. Метою роботи є аналіз системи кредитного скорингу на основі методів та моделей інтелектуального аналізу даних, а також, їх порівняння з існуючими методами кредитного скорингу. В процесі виконання розробки системи проведено аналіз ключових підходів побудови скорингових моделей, розглянуто та проаналізовано технології нейронних і байєсовських мереж [2]. Були проаналізовані підсумки прогнозування та оцінки для обґрунтувань переваги оптимальної моделі для оцінки кредитоспроможності клієнтів [3]. З цією метою проведено ряд експериментальних досліджень, у яких виявлено, що найбільшого рівня точності досягають моделі, які комбіновано в рамках ансамблю, що дозволило знизити похибку до 1-2%. Висновки. Виконане обґрунтування вибору технологій і методів кредитного скорингу та розроблено проект архітектури системи, яка дасть змогу зменшити кредитні ризики банків, а відповідно, і просування його кредитного рейтингу, що в свою чергу має системний вплив для банківського ладу України. Потенціальними шляхами подальшого розвитку є інтеграція у структуру системи окремих структурних та гнучким чином конфігурованих модулів, які дозволять задовільнити ряд функціональних вимог та запитів практики зі сторони сучасного бізнесу.

### Литература

1. Щербина А.Д. Порівняльний аналіз існуючих напрямів у інтелектуальному аналізі даних / А.Д. Щербина, Д.С. Шибаєв, М.Д. Рудніченко, Н.О. Шибаєва // Project, Program, Portfolio Management. The

Third International Scientific-practical Conference, Odesa, ONPU 07–08 Dec 2018. – С.88-90.

2. Міллер А. Введення в машинне навчання за допомогою Python / А. Міллер. – К.: БХВ, 2018. – 321 с.

3. Харрісон М. Машинне навчання. Кишеньковий довідник. Короткий посібник з методів структурованого машинного навчання. – Л.: Джерело, 2021. – 238 с.

УДК 004

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО СПОРТИВНОГО РОЗВИТКУ

Чельцов К.І. <sup>[0000-0043-5966-5531]</sup>, к.т.н. Рудниченко Н.Д. <sup>[0000-0002-7343-8076]</sup>, Бут  
Н.В. <sup>[0000-0002-8740-6198]</sup>

*E-mail: nickolay.rud@gmail.com, vint532@yandex.ua,  
denscreamer@gmail.com, firmn@list.ru*

### APPLICATION OF SOLVING THE PROBLEM OF DYNAMIC SPORT DEVELOPMENT SYSTEM

**Chelsov K.I., Ph.D. Rudnichenko N.D., But N.V.**

**Анотація.** У роботі наведено результати розробки та дослідження програмного застосування прогнозування для вирішення завдань досягнення і фіксування спортивних цілей.

**Ключові слова:** методи прогнозування, спортивний розвиток.

**Abstract.** The paper presents the results of development and research of software application of forecasting to solve problems of achieving and fixing sports goals.

**Keywords:** forecasting methods, sports development.

У наш час велику популярність знаходить тренд здорового способу життя, який говорить про те, що потрібно стежити за кількістю калорій вживаних за день, балансом води в організмі і фізичними вправами. Дотримуватися такого способу життя складно, так як в ньому потрібні: облік поточних досягнень, регулярність виконання плану фізичних упражнень і харчування. У зв'язку з цим стали затребувані системи

спортивного розвитку. Такі системи допомагають підібрати певний комплекс вправ з метою зменшення ваги або збільшенням м'язової маси користувача. А також вести його облік харчування (кількість споживаних калорій в день) і балансу води в організмі. Проаналізувавши поточні системи спортивного розвитку виявлено наступні недоліки: статичність плану фізичних навантажень, коли людина пропустила тренування або перевиконала план (через це майбутній план фізичних навантажень є не ефективним), відсутній облік балансу води в організмі, немає можливо розрахувати необхідну кількість споживаної води і калорій за добу, немає можливості вибрати де виконувати фізичні вправи (в залі або на вулиці). У зв'язку з відсутністю повноцінних програмних рішень в відкритому доступі необхідна розробка своєї прикладної програмної системи, яка виконує облік фізичний навантажень, пропонує варіанти місця проведення фізичних навантажень, спрогнозує і перебудує план тренувань. Для вирішення завдання прогнозування плану фізичних вправ буде використаний метод прийняття оптимальних рішень [1,2].

Для досягнення можливостей вирішення даного завдання було прийнято рішення в розробці програмного додатка для обліку спортивного розвитку на базі використання мови програмування Python 3.6 і фреймворка Django 3 для реалізації логіки серверної сторони системи, середовище розробки програмного коду PyCharm, СУБД Postgress для збереження даних користувачів [3]. У побудові інтерфейсу будуть використані базові технології створювання сайтів: HTML, CSS, JS. Для збільшення швидкості розробки та якості програмної системи будуть використані бібліотеки Bootstrap і JQuery [4].

Висновки. У даній роботі була описана актуальність розглядаються теми, проаналізовано недоліки поточних систем, методи вирішення поставленого завдання, а також описані засоби для розробки програмного рішення, що буде розроблено у подальшій роботі.

### Література

1. Грас Д. Data Science. Наука про дані з нуля / Д. Грас. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
2. Маккінлі У. Python і аналіз даних / У. Маккінлі. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.
3. Дронов В.А. Django 2.1. Практика створення веб-сайтів на Python / В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. - 672 с.
4. Ніксон Р. Створюємо динамічні веб-сайти за допомогою PHP, MySQL, JavaScript, CSS, HTML / Р. Ніксон. – СПб.: Пітер, 2016. –768 с.

**Секція 3. Моделирование и разработка программ**

УДК 519.6

**RESTORATION OF DISCONTINUOUS FUNCTION OF TWO  
VARIABLES USING BDISCONTINUOUS INTERLINATION SPLINES**

**Dr.Sci. Pershyna I.I.**<sup>1</sup> [0000-0002-4719-8195]

**Dr.Sci. Meshuyev V.I.**<sup>2</sup> [0000-0002-9335-6131]

<sup>1</sup>*E-mail:* yuliapershina78@gmail.com

<sup>2</sup>*E-mail:* vitaliy.mezhuyev@fh-joanneum.at

**Abstract.** The article develops a general method for constructing discontinuous interlination splines for approximation of discontinuous functions of two variables. It is considered that the domain of the definition of the discontinuous two-dimensional function is divided into rectangular elements.

**Keywords:** discontinuous function, interlination, polynomial splines.

The problem of approximation of discontinuous functions is relevant, because practice shows that among the multidimensional objects that need to be studied, a much larger number of them are described by discontinuous functions. This work is devoted to the development of a method for approximation of the discontinuous functions of two variables by discontinuous interlination splines, when the discontinuities of the first kind of the desired function are located at points of straight, parallel coordinate axes.

Let a discontinuous function of two variables  $f(x, y)$  is given in the domain  $D$ . Suppose that the domain  $D$  is divided by straight lines  $x_0 = 0 < x_1 < x_2 < \dots < x_m = 1, y_0 = 0 < y_1 < y_2 < \dots < y_n = 1$  into rectangular elements  $P_{ij} = (x_{i-1}, x_i) \times (y_{j-1}, y_j)$ ,  $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ . The function  $f(x, y)$  and its derivatives up to  $\rho - 1$  order have discontinuities of the first kind at the boundaries between these rectangular elements (not necessarily between all elements). It is required to construct a discontinuous spline such that the interlining and approximation properties are fulfilled.

Let us introduce the notation:

$$\varphi_{i}^{+}(y) = \lim_{x \rightarrow x_i+0} f(x, y), \varphi_{i}^{-}(y) = \lim_{x \rightarrow x_i-0} f(x, y) \quad - \text{function}$$

traces on the straight  $x = x_i, i = \overline{1, m}$ . If  $\varphi_{i}^{+}(y) = \varphi_{i}^{-}(y)$ , then the function  $f(x, y)$  is continuous on the line  $x = x_i$ , otherwise it has a break on the given line.

Consider the element

$$P_{ij} = (x_{i-1}, x_i)' (y_{j-1}, y_j), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

**Definition.** We will call a discontinuous interlination polynomial spline in a domain  $D$ , which corresponds to a given partition into subdomains  $P_{ij}$ , the following function

$$\begin{aligned}
 S(x, y) &= S_{ij}(x, y), (x, y) \in \Pi_{ij}, \\
 S_{ij}(x, y) &= S1_{ij}(x, y) + S2_{ij}(x, y) - S12_{ij}(x, y), (x, y) \in P_{ij} \cap D, \\
 S1_{ij}(x, y) &= S1_{ij}(x, y; \{j 1_{i-1,s}(y)\}; \{j 1_{i,s}(y)\}, s = \overline{0, r-1}) = \\
 &= \mathring{a}_{s=0}^{r-1} j 1_{i-1,s}^{+}(y) \times h1_{i-1,s}(x) + \mathring{a}_{s=0}^{r-1} j 1_{i,s}^{-}(y) \times h1_{i,s}(x); \\
 S2_{ij}(x, y) &= S2_{ij}(x, y; \{j 2_{j-1,p}(x)\}; \{j 2_{j,p}(x)\}, p = \overline{0, r-1}) = \\
 &= \mathring{a}_{p=0}^{r-1} j 2_{j-1,p}^{+}(x) \times h2_{j-1,p}(y) + \mathring{a}_{p=0}^{r-1} j 2_{j,p}^{+}(x) \times h2_{j,p}(y); \\
 S12_{ij}(x, y) &= S12_{ij}(x, y; \{j 1_{i-1,s}(y)\}; \{j 1_{i,s}(y)\}, s = \overline{0, r-1}, \\
 &\quad \{j 2_{j-1,p}(x)\}; \{j 2_{j,p}(x)\}, p = \overline{0, r-1}) = \\
 &= \mathring{a}_{s=0}^{r-1} \mathring{a}_{p=0}^{r-1} C_{i-1,j-1,s,p}^{++} h1_{i-1,s}(x) h2_{j-1,p}(y) + \mathring{a}_{s=0}^{r-1} \mathring{a}_{p=0}^{r-1} C_{i-1,j,s,p}^{+-} h1_{i-1,s}(x) h2_{j,p}(y) + \\
 &+ \mathring{a}_{s=0}^{r-1} \mathring{a}_{p=0}^{r-1} C_{i,j-1,s,p}^{-+} h1_{i,s}(x) h2_{j-1,p}(y) + \mathring{a}_{s=0}^{r-1} \mathring{a}_{p=0}^{r-1} C_{i,j,s,p}^{--} h1_{i,s}(x) h2_{j,p}(y)
 \end{aligned}$$

$h1_{k,s}(x), h2_{l,p}(y)$  – basic Hermitian polynomials of degree  $2r - 1$  with

properties:  $h1_{k,s}^{(s\phi)}(x_{k\phi}) = d_{k,k\phi} d_{s,s\phi}, k, k\phi \in \{i-1, i\}, s, s\phi \in \{0, r-1\}$ ,

$$h2_{l,p}^{(p\phi)}(y_{l\phi}) = d_{l,l\phi} d_{p,p\phi}, l, l\phi \in \{j-1, j\}, p, p\phi \in \{0, r-1\}$$

**Theorem 1.** If

$$j 1_{i,s}^{+(p)}(y_j) = j 2_{j,p}^{+(s)}(x_i) = C^{++}_{ijsp},$$

$$j 1_{i,s}^{-(p)}(y_j) = j 2_{j,p}^{+(s)}(x_i) = C^{-+}_{ijsp},$$

$$j 1_{i,s}^{-(p)}(y_j) = j 2_{j,p}^{-(s)}(x_i) = C^{- -}_{ijsp},$$

$$j 1_{i,s}^{+(p)}(y_j) = j 2_{j,p}^{-(s)}(x_i) = C^{+-}_{ijsp},$$

then on the border of the rectangle  $P_{ij}$  the function  $S_{ij}(x, y)$  satisfies the following relations

$$\left. \frac{\mathbb{I}^{s\phi} S_{ij}(x, y)}{\mathbb{I}^{x^{s\phi}}} \right|_{x=x_{i-1}} = j 1_{i-1,s\phi}^{+}(y),$$

$$y_{j-1} \leq y \leq y_j, s\phi \in \overline{0, r-1},$$

$$\left. \frac{\mathbb{I}^{s\phi} S_{ij}(x, y)}{\mathbb{I}^{x^{s\phi}}} \right|_{x=x_i} = j 1_{i,s\phi}^{-}(y),$$

$$\left. \frac{\mathbb{I}^{p\phi} S_{ij}(x, y)}{\mathbb{I}^{y^{p\phi}}} \right|_{y=y_{j-1}} = j 2_{j-1,p\phi}^{+}(x),$$

$$x_{i-1} \leq x \leq x_i, p\phi \in \overline{0, r-1}.$$

$$\left. \frac{\mathbb{I}^{p\phi} S_{ij}(x, y)}{\mathbb{I}^{y^{p\phi}}} \right|_{y=y_j} = j 2_{j,p\phi}^{-}(x),$$

The discontinuous function can be reconstructed from known traces along a given system of lines by interlusion operator (1). This operator can be used in remote sensing methods.

УДК 519.25

**ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ З ПОПЕРЕДНЬОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КАРДІОГРАМИ**

Д.т.н. Атаманюк І.П.<sup>1</sup>[0000-0002-8127-6193], д.т.н. Шебанін В.С.<sup>1</sup>[0000-0002-0391-396X],  
д.т.н. Кондратенко Ю.П.<sup>2</sup>[0000-0001-7736-883X],  
д.ф.-м.н. Завгородній А.В.<sup>3</sup>[0000-0002-2598-2106],  
к.т.н. Волосяк Ю.В.<sup>1</sup>[0000-0001-9471-8272], к.ф.-м.н. Власов О.І.<sup>1</sup>[0000-0002-5540-7030]  
*E-mail:* <sup>1</sup>atamanyuk@mnaeu.edu.ua, rector@mnaeu.edu.ua,  
volosyuk@mnaeu.edu.ua, ark.oleg@gmail.com  
<sup>2</sup>y\_kondrat2002@yahoo.com,  
<sup>3</sup>andrew-mdu@ukr.net

**COMPUTATIONAL METHOD FOR DIAGNOSING  
CARDIOVASCULAR DISEASES WITH PRELIMINARY FILTERING  
OF MEASUREMENT ERRORS OF CARDIOGRAM PARAMETERS**

**Dr.Sci. Atamanyuk I., Dr.Sci. Shebanin V., Dr.Sci. Kondratenko Y.,  
Dr.Sci. Zavorodnii A., Ph.D. Volosyuk Y., Ph.D. Vlasov O.**

*Анотація.* В роботі отримано обчислювальний метод діагностики серцево-судинних захворювань на основі правила максимуму правдоподібності. Застосування апарату нелінійних канонічних розкладів дозволило перейти від багатовимірної функції правдоподібності до добутку одновимірних щільності розподілу, що дає можливість врахувати довільне число параметрів кардіограми. Основною особливістю запропонованого методу є використання операції фільтрації похибок вимірювання параметрів кардіограми.

Результати чисельного експерименту підтвердили високу ефективність методу діагностики серцево-судинних захворювань.

*Ключові слова:* діагностика, серцево-судинні захворювання, випадкові послідовності, канонічні розклади.

*Abstract.* A computational method for the diagnosis of cardiovascular diseases based on the maximum likelihood method is obtained in the work. The use of the apparatus of nonlinear canonical expansions allowed passing from the multidimensional likelihood function to the product of one-dimensional distribution densities, which allows taking into account an arbitrary number of



cardiogram parameters. The main feature of the proposed method is the use of the operation of filtering errors of measurement of the parameters of an cardiogram. The method also makes it possible to fully take into account the stochastic features of cardiograms

The results of the numerical experiment have confirmed the high efficiency of the method for diagnosing cardiovascular diseases.

**Keywords:** diagnosis, cardiovascular diseases, random sequences, canonical expansions

Дослідженню підлягає випадкова послідовність  $\{K\} = \{K_i\}$ ,  $i = \overline{1,10}$ , що характеризує найбільш інформативні параметри кардіограми:  $K(1)$  - висота зубця  $P$ ;  $K(2)$  - ширина зубця  $P$ ;  $K(3)$  - інтервал  $P - Q$ ;  $K(4)$  - висота зубця  $Q$ ;  $K(5)$  - інтервал  $QRS$ ;  $K(6)$  - висота першого зубця  $R$ ;  $K(7)$  - висота другого зубця  $R$ ;  $K(8)$  - висота зубця  $S$ ;  $K(9)$  - інтервал  $Q - T$ ;  $K(10)$  - висота зубця  $T$ .

В роботі [1] отримано достатньо вичерпне вирішення задачі діагностики на основі критерія максимуму правдоподібності:

$$k^* = \arg \max_l \left\{ \prod_{i=1}^{10} f_1(h_i^{(N)} / l), l = \overline{1, L} \right\} \quad (1)$$

де  $h_i^{(N)}$  - значення незалежних випадкових коефіцієнтів  $H_i^{(N)}$  нелінійного канонічного розкладу [2] послідовності  $\{K\}$ .

Підвищення якості розпізнавання кардіограми, яка вимірюється з похибками, можливе за рахунок переходу від результатів вимірювання  $u(\mu)$ ,  $\mu = \overline{1, k}$ ,  $k < I$  до оцінки  $\hat{k}(\mu)$ , що має кращі точностні характеристики

$$\hat{k}(\mu) = M[K(\mu)] + (1 - C^{(\mu)}) p_k^{(\mu-1, N)}(1, \mu) + C^{(\mu)} u^o(\mu), \quad (2)$$

$p_k^{(\mu-1, N)}(1, \mu)$  - прогнозне значення параметра електрокардіограми  $k(\mu)$  з використанням  $\mu - I$  оцінок;  $C^{(\mu)}$  - коефіцієнт фільтрації.

Прогнозне значення параметра електрокардіограми та коефіцієнт фільтрації визначається з умови мінімуму середнього квадрату похибки наближення до істинного значення параметра кардіограми.

### Література

1. Shebanin, V., et al, "Canonical mathematical model and information technology for cardio-vascular diseases diagnostics," 14th International Conference CADSM 2017, pp. 438–440.

2. I.P. Atamanyuk, "Algorithm of extrapolation of a nonlinear random process on the basis of its canonical decomposition," J. Cybernetics and Systems Analysis, 2005, 41(2), pp. 267–273.

UDC 004.942

### NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME DELAY NEURAL NETWORK

Dr.Sci. Verlan A. <sup>[0000-0002-8565-2037]</sup> <sup>1</sup>, Dr.Sci. Fomin O. <sup>[0000-0002-8816-0652]</sup> <sup>2</sup>

Dr.Sci. Polozhaenko S. <sup>[0000-0002-4082-8270]</sup> <sup>2</sup>

E-mail: <sup>1</sup>*a.f.verlan@gmail.com*,

<sup>2</sup>*fomin@opu.ua, polozhaenko@opu.ua*

**Abstract.** The work solves the problem of nonlinear dynamic objects modelling. The purpose of the work is to improve the accuracy of nonlinear dynamic objects identification under conditions of a priori uncertainty. The purpose is achieved by developing a method for identifying models in the form of Volterra series, which simultaneously describe the nonlinear and dynamic properties of the object. The apparatus of neural networks with time delays is considered as a method of identification, providing convenience in modeling both in test and in functional mode. The most essential results: the method of identification of nonlinear dynamic objects models with the use of information relation of Volterra series and time delay neural networks has been further developed.

**Keywords:** nonlinear dynamic objects, modeling, Volterra series, time-delay neural networks.

The purpose of the work is to improve the accuracy of nonlinear dynamic objects identification under conditions of a priori uncertainty. A priori

uncertainty caused by the insufficient study of the processes occurring in the objects of diagnosis due to the operation in a wide range of external conditions and the lack of opportunities to use test signals of a special form ( $\delta$ -function, step function, harmonic signal).

For a wide class of nonlinear dynamic objects the dependence between the influence  $X(t)$  and reaction  $Y(t)$  in explicit form can be represented by the functional degree-dependent Volterra series [1,2].

However, the use of Volterra models for the identification of nonlinear dynamical systems of high order is at a loss by several restrictions: practical inability to expand the evaluation of higher-order kernels (due to the increased size of the kernel representation) and strict requirements to the amplitude and shape of the input test signals [3]. As a new effective approach of dynamical objects identification with nonlinearity of higher orders suggests time-delay neural nets (TDNN). The above calls for looking for joint efforts for using Volterra models and three-layer TDNN [4].

Analyzing the models based on the form of Volterra series and TDNN, we can conclude that they has isomorphic expressions [4,5]. Thus, the Volterra kernels can be express through the weight coefficients and shifts of the hidden neurons of the neural net.

An informational relation between nonlinear dynamic models in the form of Volterra series and TDNN has been established. On the base of this relation the method for evaluating higher-order Volterra kernels developed.

It allows to increase the accuracy of nonlinear dynamic models identification in the form of Volterra series by evaluating higher-order Volterra kernels using TDNN.

The obtained results prove the possibility of building Volterra models of nonlinear dynamic objects using TDNN and training samples on the base of the input signals of the special form ( $\delta$ -functions, step functions, harmonic signals) and output responses.

On the base of established relationship between TDNN and Volterra models algorithm of nonlinear dynamical objects identification developed.

The efficiency of the suggested identification method investigates using as an example a test nonlinear dynamical object. The test object used is the first order object with quadratic nonlinearity in a feedback relation.

The application of the developed method for the identification of the test nonlinear dynamic object allows to get the nonlinear dynamic model on the base of Volterra kernels with error of 5-19% in comparison with analytic models in the form of Volterra series.

### References

1. Fomin O. O., Ruban O. D., Rudkovskiy O. V., Method for construction the diagnostic features space of switched reluctance motors based on integral dynamic models, Problemele energeticii regionale no. 4 (2020) 35-44. doi: 10.5281/zenodo.4316968.
2. Fomin O., Derevianchenko O., Improvement of the quality of cutting tools states recognition using cloud technologies, Lecture notes in mechanical engineering (2020) 243–252. doi: 10.1007/978-3-030-50794-7\_24.
3. Guidotti R., Monreale A., Ruggieri S., Turini F., Giannotti F., Pedreschi D., A survey of methods for explaining black box models, ACM Comput. Surv, vol. 51, no. 5 (2018) 1-42. doi: 10.1145/3236009.
4. Aniruddha Rajendra Rao, Matthew Reimherr, Non-linear functional modeling using neural networks, 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2104.09371>.
5. Stegmayer G., Pirola M., Orenco G., Chiotti O., Towards a Volterra series representation from a neural network model, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, archive 1 (2004) 55-61.

UDC 658.51.012

### THE PROBLEM OF STABILIZING THE PRODUCTIVITY OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE PRODUCTION LINE

Dr.Sci. Pihnastyi O.M., <sup>[0000-0002-5424-9843]1</sup>

Ph.D. Ivanovska O.V., <sup>[0000-0003-1530-259X]2</sup>

E-mail: <sup>1</sup>[pihnastyi@gmail.com](mailto:pihnastyi@gmail.com)

<sup>2</sup>[o.ivanovska@khai.edu](mailto:o.ivanovska@khai.edu)

**Abstract.** The problem of designing a system for optimal operational control of random deviations in the productivity of technological equipment is considered. The synthesized control ensures the synchronization of the productivity of the technological equipment of the production line and asymptotic stability of the given planned state of the flow parameters of the production line for the steady and transient mode of operation.

**Keywords:** production line, production control system, PDE-model, flow production.

The parameters state of the production line will be described by the equations system [1]

$$\frac{\partial [x]_0(t, S)}{\partial t} + \frac{\partial [x]_1(t, S)}{\partial S} = Y_0(t, S), \quad (1)$$

$$\frac{\partial[\chi]_1(t, S)}{\partial t} + \frac{\partial[\chi]_2(t, S)}{\partial S} = f(t, S)[\chi]_0(t, S) + Y_1(t, S), \quad n=1,2,3,\dots, \quad (2)$$

where  $[\chi]_0(t, S)$  and  $[\chi]_1(t, S)$  are the values of the inter-operational backlogs and the processing tempo of the details at a time  $t$  для a technological position in a technological route with a coordinate  $S$ ;  $f(t, S)$  is the production function of the technological process [2].

The system of the two-moment balance equation for the model stabilization of the productivity deviations of the technological equipment can be represented in the form [3]:

$$\frac{\partial[y]_0}{\partial t} + \frac{\partial[y]_1}{\partial S} = q_{01}u_1, \quad (3)$$

$$\frac{\partial[y]_1}{\partial t} + \frac{\partial[y]_1}{\partial S} B + [y]_1 \frac{\partial B}{\partial S} = q_{11}u_1, \quad (4)$$

$$q_{01} = const_1, \quad q_{11} = const_2, \quad u_1(t, 0) = 0, \quad B = \left. \frac{[\chi]_{1, \psi}}{[\chi]_0} \right|_0, \quad (5)$$

where  $[y]_0$ ,  $[y]_1$  are unknown random small perturbations of the production line flow parameters  $[\chi]_0$ ,  $[\chi]_1$  relative to the unperturbed state  $[\chi]_0^*$ ,  $[\chi]_1^*$ :

$$[y]_0 = [\chi]_0 - [\chi]_0^*, \quad [y]_1 = [\chi]_1 - [\chi]_1^*. \quad (6)$$

The quality Criteria of the transient process let's choose from the condition, that determines the minimum cost of the technological resources that require the solution of the specified problem [4]

$$I = \int_{t_0}^{\infty} \frac{1}{S_d} \int_0^{S_d} (\alpha u_1^2) dS dt, \quad (7)$$

where the parameter  $\alpha$  is the scale factor;  $S_d$  is the technological position of the last technological operation in the technological route. The Lyapunov function  $V^0([y]_0, [y]_1)$  will be sought in the form of a quadratic form with time-constant coefficients  $C_0$ ,  $C_1$ :

$$V^0([y]_0, [y]_1) = \frac{1}{S_d} \int_0^{S_d} (c_0 [y]_0^2 + c_1 [y]_1^2) dS = c_0 \{y_0\}_0^2 + c_1 \{y_1\}_0^2, \quad \frac{\partial V^0}{\partial t} = 0. \quad (8)$$

$$[y]_k = \{y_k\}_0 + \sum_{j=1}^{\infty} \{y_k\}_j \sin[k_j S] + \sum_{j=1}^{\infty} [y_k]_j \cos[k_j S], \quad k_j = \frac{2\pi j}{S_d},$$

$$[u]_n = \{u_n\}_0 + \sum_{j=1}^{\infty} \{u_n\}_j \cdot \sin[k_j S] + \sum_{j=1}^{\infty} [u_n]_j \cdot \cos[k_j S]$$

The solution of the system of equations (3) - (5) taking into account expressions (7), (8) makes it possible to determine the optimal control of the productivity of technological equipment  $u_1$

$$\{u_1\}_0 = -\frac{2}{q_{11}} \frac{\partial B}{\partial S} \Big|_0 \{y_1\}_0,$$

which, along with the requirements for the asymptotic stability of a given planned unperturbed state, ensures the best quality of the transient process.

## References

1. Pihnastyi O.M. Statistical theory of control systems of the flow production. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 436 p.
2. Pihnastyi O.M. Target function of a production system with mass production of products P. Demutsky, O. M. Pignasty, V. D. Khodusov, M. N. Azarenkova // - Bulletin of the Kharkov National University. - Kharkiv: KhNU. - 2006. - N746. - P.95-103.
3. Pihnastyi O.M. Issues of stability of macroscopic parameters of technological processes of mass production / V. P. Demutskiy, O.M.Pihnastyi // Dopovidi of the National Academy of Sciences of Ukraine. - Kiev: Vidavnychy dim "Akademperiodika". - 2006. - № 3. - S. 63-67.
4. Pihnastyi O. M. Overview of models of controlled production processes of production line production lines / O.M.Pihnastyi // Scientific bulletins of the Belgorod State University. Belgorod: BSU. - 2015. - No. 34/1. P.137-152.

УДК 574:502.13:303

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В ЕКОСИСТЕМІ

Литвиненко В. А. [0000-0002-4348-5832], д.т.н. Дичко А. О. [0000-0003-4632-3203],  
д.т.н. Рemez Н. С. [0000-0002-8646-6527], Бойко А. Г. [0000-0003-3561-6289]  
*E-mail: valeriialytvynenko18@gmail.com.ua*

### APPLICATION OF SYSTEMS ANALYSIS FOR MONITORING OF TOXIC SUBSTANCES IN THE ECOSYSTEM

Lytvynenko V., Dr.Sci. Dychko A., Dr.Sci. Remez N., Boyko A.

**Abstract.** Each actual and virtual source of sewage discharges should be controlled by establishing a measuring or biomonitoring network (permanent or causal), and in the case of measuring monitoring, the types of detectors that measure the actual values of the parameters of the state should correspond to the nomenclature of the real possible contaminants and ranges, in which can be observed these contaminants, as well as the dynamics of their changes. In the case of biomonitoring, as indicators of pollution, it is necessary to use those living organisms that are most sensitive to the sources of contamination inherent to this source.

**Keywords:** biomonitoring, hexamethylenediamine, pollutant detectors, control system, legislative-administrative subsystem, ecological information system

In the automated monitoring systems an important role is played by the choice of the number and location of pollution detectors. Increasing the accuracy and reliability of monitoring results is due to the economic difficulties due to the high cost of equipment [1]. In this regard, a number of methods have been developed to optimize the number and location of pollutant detectors. alarm system to exceed the maximum permissible value of pollution. Thus, there is chemical pollution substances of ponds, lakes, rivers and wells that are close to chemical industry enterprises. In rural areas where there is none centralized water supply, this contaminated water daily used for household needs and for eating. We will consider approaches to monitoring of harmful substances in the environment.

An approach based on the analysis of the ratio of the probability of registration of the discharges  $P(n)$  and the cost of the control system  $N(n)$  is

possible in order to assess the amount of detectors required for reliable control of the number of detectors [2]. This relation  $F(n)$  has a maximum corresponding to the optimal number of detectors. Usually the cost of a data center  $N_u$  depends little on the number of detectors and can be taken as a constant. Similarly, the cost of one detector  $N_d$  does not depend on the number of detectors in the system:

$$N(n) = N_u + n N_d$$

At the same time, and the use of only mathematical models of pollution migration and situation assessment, that is, the use of so-called model monitoring, cannot provide reliable information support for making responsible decisions due to significant modeling errors and ambiguity of the results obtained.

The system approach to the analysis of heavy technogenic accidents and their ecological consequences is aimed at the coordination and integration of the use of scientific research, the holistic coverage of the phenomena of interest, the deepening of the study of the mechanism of accidents [3].

The purpose of this system of analysis is the formation of a set of alternatives to the emergence and development of accidents, risk assessment with the aid of a posterior distribution of accidents and the analysis of the reliability of cases with a given number of their occurrence and comparison with the a priori distribution.

The methodology allows to analyze the sources, conditions and circumstances of accidents and their development processes, as well as to assess their environmental impact for management decisions in order to minimize environmental impacts.

The use of the method of obtaining temporary preparations for assessing the toxicity of the environment, including the collection of reproductive material of the bioindicator plant in environmentally friendly and technogenic zones. It is possible to detect the percentage of sterile pollen grains and thus determine the index of damage to the biosystem with the implementation of an integrated assessment of the state of the environment and the level of environmental hazard for humans and biota.

### References

1. B. S. Dhillon, Engineering maintenance: a modern approach. CRC PRESS LLC, N.W. 2002.
2. Safety Reports Series. Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring.- Vienna: IAEA, 2010.



3. A. P. Safonyk, I. M. Tarhoni, Computer simulation of aerobic sewage treatment. Journal of Mechanical Engineering, 41 (5), (2019) 31-36 doi.org/10.15407/emodel.41.05.017.

УДК 004.67:517.547

**ПРОБЛЕМА ПРОДОЛЖЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В  
ТЕОРИИ СИСТЕМ**

**К.ф.-м.н., Косенко С.И.** <sup>[0000-0002-7082-5644]</sup>

*E-mail: skosenko218@gmail.com*

**THE PROBLEM OF CONTINUING ANALYTICAL FUNCTIONS IN  
SYSTEM THEORY**

**Ph.D. Kosenko S.I.**

**Аннотация.** В работе рассмотрено обобщение важной для теории систем задачи Шура по описанию всех голоморфных в единичном круге матриц-функций, принадлежащих некоторому «шару»  $B_J$ , определяемому постоянной самосопряженной инволютивной матрицей  $J$ . Сформулированы необходимые и достаточные условия, которым должна удовлетворять матрица  $J$ , чтобы матричный «шар»  $B_J$  состоял только из голоморфных в единичном круге функций. Получена новая форма для матрицы дробно-линейного преобразования, дающего представление общего решения задачи типа Шура в матричном «шаре»  $B_J$ .

**Ключевые слова:** матричный шар, задача Шура, теория систем.

**Abstract.** In this paper, we consider a generalization of the Schur's problem, which is important for systems theory, about the description of all matrix functions holomorphic in the unit disc that belong to a certain "ball"  $B_J$  determined by a constant self-adjoint involutive matrix  $J$ . Necessary and sufficient conditions are formulated that must be satisfied by the matrix  $J$  under which the matrix "ball"  $B_J$  consists only of functions that are holomorphic in the unit disc. A new form of the matrix of linear fractional transformation is obtained, which gives a representation of the general solution of the Schur-type problem in the matrix "ball"  $B_J$ .

**Keywords:** matrix ball, Schur's problem, system theory.

В 1960-е годы в работах Р.Э. Калмана [1] и М.С. Лившица [2] были заложены основы современной математической теории систем, в которой наряду с пространствами входа и выхода рассматривается пространство внутренних состояний системы. В рамках этой теории ряд задач приводит к проблеме Шура об описании множества всех сжимающих голоморфных в единичном круге функций, для которых заданы первые коэффициенты разложения в ряд Маклорена [3,4,5]. Огромный вклад в решение задач этого типа в матричном и операторном случаях внесли одесские математики М.Г.Крейн, В.П.Потапов, Д.З.Аров, А.А.Нудельман и их многочисленные коллеги и ученики.

В настоящей работе рассматривается некоторое обобщение этой задачи. Аналитический класс квадратных матриц-функций порядка  $n$ , в котором ищется решение задачи продолжения указанного типа, представляет собой матричный «шар»  $B_J$ , определяемый постоянной самосопряженной инволютивной матрицей  $J$  порядка  $2n$ . При соответствующем выборе матрицы  $J$  в скалярном случае этот шар совпадает со стандартными классами функций, рассматриваемыми в связи с задачами продолжения (множеством голоморфных сжимающих в единичном круге функций, множеством голоморфных функций, имеющих в единичном круге неотрицательную вещественную часть, множеством голоморфных функций, имеющих в единичном круге неотрицательную мнимую часть). В работе сформулированы необходимые и достаточные условия, которым должна удовлетворять матрица  $J$  для того, чтобы матричный «шар»  $B_J$  состоял только из голоморфных в единичном круге функций.

Один из методов решения подобных задач в так называемом невырожденном случае был предложен В.П. Потаповым [6]. В рамках этого подхода с использованием исследований по геометрии пространств с индефинитной метрикой Ю.П. Гинзбурга [7] в работе получена новая форма для матрицы дробно-линейного преобразования, дающего представление общего решения задачи типа Шура в матричном «шаре»  $B_J$ . Полученные результаты могут быть полезны для расширения области применения задач продолжения аналитических функций в теории систем.

### Литература.

1. Kalman R.E. Topics in mathematical system theory./ Kalman R.E., Falb P.L., Arbib M.A.// McGraw-Hill, New York-Toronto-London, 1969. xiv+358.

2. Лившиц М.С. Операторы, колебания, волны. Открытые системы. // М.: Наука, 1966. — 300 с.
3. Schur, I. "Über Potenzreihen, die im Innern des Einheitskreises beschränkt sind" // I. J. reine und angewandte Math. 147(1917), 205 - 232.
4. Schur Algorithm and Multidimensional Analysis/ Editors Daniel Alpay, Victor Vinnikov// Operator Theory: Advances and Applications, 176, 2007, Birkhäuser Basel, eBook ISBN 978-3-7643-8137-0, DOI 10.1007/978-3-7643-8137-0, Hardcover ISBN 978-3-7643-8136-3, Series ISSN 0255-0156, 322 pp.
5. Bernd Fritzsche, Victor Katsnelson, Bernd Kirstein. The Schur Algorithm in Terms of System Realization// arXiv:0805.4732, 2008, 71 p.
6. Потапов В.П. Индефинитная метрика в проблеме Неванлинны — Пика / Ковалишина И.В., Потапов В.П. // Докл. АН АрмССР. 1976. Т. 59, № 1. С. 17—21.
7. Гинзбург Ю.П. Исследования по геометрии бесконечномерных пространств с билинейной метрикой/ Ю. П. Гинзбург, И. С. Иохвидов // Успехи математических наук. — 1962. — Т. 17. — Вып. 4 (106). — С. 3—56.

UDC 004.021

## THE FEATURES OF HUMAN BODY 3D MODELING IN INTERNET COMMERCE

**Litvinov B.** [0000-0001-5280-3938], **Ph.D. Bilova M.** [0000-0001-7002-4698]  
*E-mail: beatsbydoctordre1@gmail.com, missalchem@gmail.com*

**Abstract.** The article is dealing with problems of human body modeling in internet commerce. The process of creating a 3d model of the human body is analyzed. The software to provide the ability to create and edit 3d models to improve the efficiency of online trading was developed.

**Keywords:** 3d model, 3d graphics, anatomical model, ReactJS, ThreeJS

The part of online commerce in the sales market is growing every year, which makes the problem of isolating competitors by introducing the latest technologies into the work of online stores urgent. It becomes necessary to develop and implement software that would attract more and more new customers, and as a consequence, increase sales and profits. For this purpose modern approaches to 3D modeling [1], programs for creating three-dimensional computer graphics, as well as various methods of reproduction and management of 3D model in web-application can be used [2]. Using a 3D model will allow

the user to "try on" the product before buying, which will greatly simplify the selection process and increase sales.

In accordance with this, the aim of the work is to investigate the process of creating a 3D model of the human body and developing the necessary tool to provide the ability to edit it and use it in online commerce.

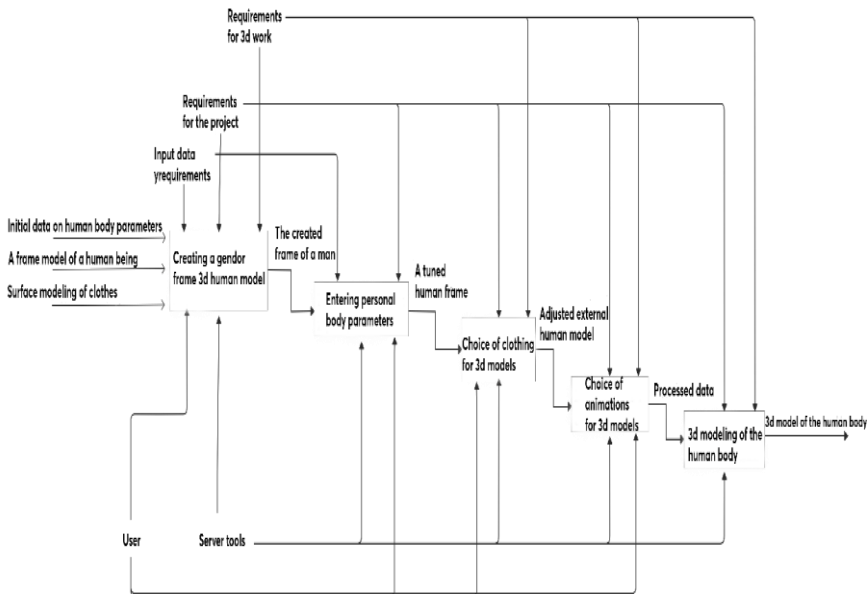
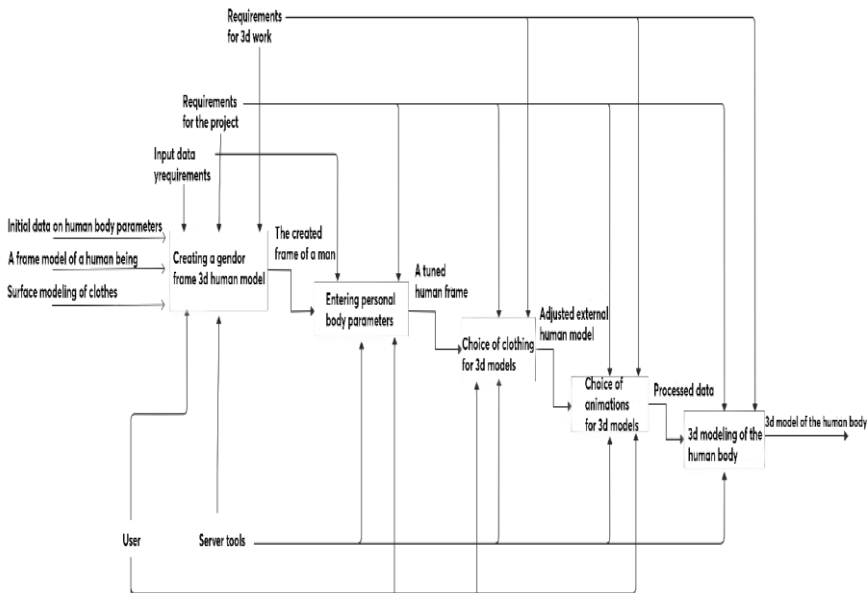


Fig. 1. The process of building a 3d model

The peculiarity of creating a three-dimensional model is that such model contains polygons, which are a set of vertices, faces and edges that define the shape of a polyhedral object in three-dimensional computer graphics[4].

It is necessary to create an optimized three-dimensional model for further work with the model through a web application, which will act as a renderer of this model (Fig. 1) [5].



*Fig. 1. The process of building a 3d model*

In accordance with this, this work identified the need to develop a system that allows to create and manage 3d models, namely:

- creation of the frame of the model;
- choice of individual settings for the model;
- choice of clothing for the model;
- addition of the selected garments to the shopping cart;
- fixing the number of visitors in the system from each store;
- saving all user models (Fig. 2).

Developed software on the base of WebGL and THREE.JS will allow the user to create a human model. Before starting, the user will see the main window of interaction with the model. The software has two windows: the customization window on the left and the model window on the right. To begin, the user must select a gender.

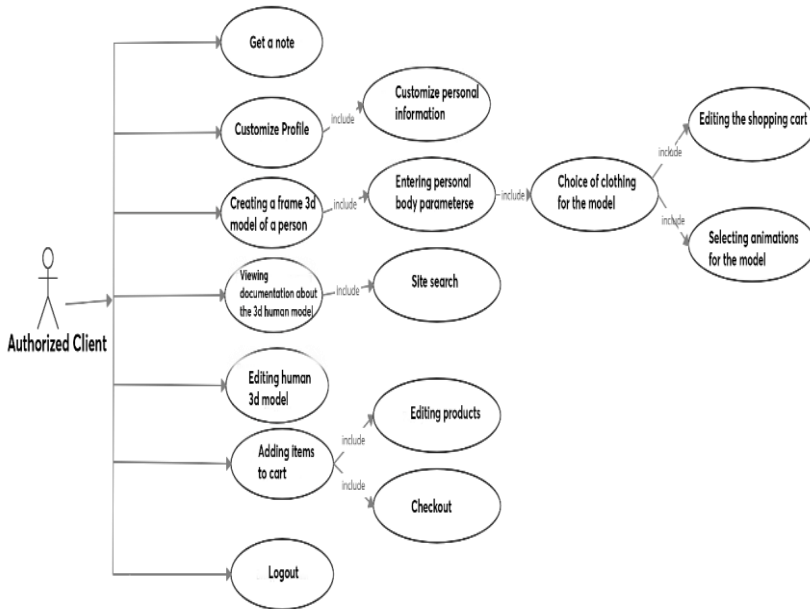


Fig. 2. The variants of use of the developed system by the user

Thus, software was developed to improve the efficiency of online trading by developing algorithmic and software to build a 3D model of a person based on the parameters of the body using three-dimensional computer graphics reproduction technologies.

## References

- 1 Learning Modern 3D Graphics Programming / Jason L. McKesson, 2012. – 138 p.
- 2 Graphics Programming Black Book / Michael Abrash, 2002. – 240 c.
- 3 WebGL: 3D graphics programming / Koichi Matsuda, Roger Lee ; ed. DMK Press, 2015. – 494 p.
- 4 Blender: 3D-modeling and animation / A. V. Shevirov, V. A. Mikhiv, M. A. Fedotova // 2013 - P. 64–67.
- 5 Tutorial 3ds Max 2020 / Oleksandr Gorelik. - 2020. - 22 p.

УДК 004.942

**СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ НА  
ОСНОВІ ДЕРМАТОГЛІФІКИ**

**К.т.н. Бородкіна І.Л.**<sup>1</sup> [0000-0003-3667-3728],  
**Бородкін Г.О.**<sup>2</sup> [0000-0002-6488-6512], **Джорджевіч О.**<sup>3</sup> [0000-0003-4080-9907]  
*E-mail: borir@ukr.net*<sup>1</sup>, *george.borodkin@gmail.com*<sup>2</sup>,  
*salex1402@gmail.com*<sup>3</sup>

**CATTLE IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON DERMATOGLYPHS**  
**Ph.D. Borodkina I., Borodkin H., Dzhordzhevich O.**

**Анотація.** Розглянуто процес створення інформаційної системи обліку та ідентифікації великої рогатої худоби на основі дерматогліфів. Обґрунтовано актуальність створення та використання таких інформаційних систем у фермерських господарствах. Визначено завдання, які вирішуватиме інформаційна система обліку та ідентифікації великої рогатої худоби на основі дерматогліфів. Розглянуто загальну концепцію побудови такої інформаційної системи та її основні складові. Визначено вимоги до функціональних можливостей системи, які забезпечують ефективне використання всіх доступних джерел інформації. Наведено UML-моделювання системи та результати її тестування.

**Ключові слова:** ідентифікація, розпізнавання образів, облік великої рогатої худоби, носогубне дзеркало, дерматогліф

**Abstract.** The article considers the process of designing an information system for accounting and identification of cattle based on dermatoglyphs. Current issues of creation and use of such information systems in farms are identified. The tasks to be solved by the information system of accounting and identification of cattle based on dermatoglyphs are defined. The general concept of building such an information system is considered and its main components are separated. Requirements for the functionality of the system have been defined. They ensure the effective use of all available sources of information. The results of system modeling by the means of UML and the several results of system testing are given.

**Keywords:** Accounting, identification, pattern recognition, cattle accounting, nasolabial mirror, dermatoglyph.







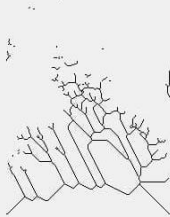

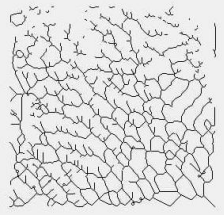
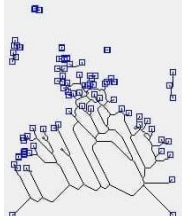
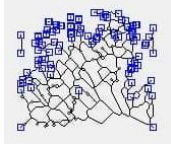
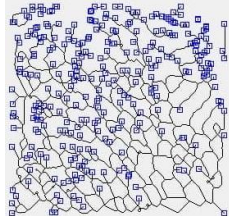
Метою дослідження є створення системи управління інформацією для обліку та ідентифікації великої рогатої худоби за допомогою

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції  
 «ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»  
 23 - 25 вересня 2021 р., Одеса

дерматогліфів, що прискорить та спростить процес обліку, перегляду та редагування даних про ВРХ.

Це дозволить як значно покращити роботу господарств, так і створити єдину регіональну базу даних про ВРХ.

**Таблиця 1.** Результати тестування системи

	Дерматогліф 1	Дерматогліф 2	Дерматогліф 3
Зразки дерматогліфів			
Крок 1. Знебарвлення			
Крок 2. Видалення шуму			
Крок 3. Вибір спеціальних точок			



На основі аналізу існуючих методів обліку та ідентифікації великої рогатої худоби [1] для ідентифікації ВРХ у розробленій інформаційній системі було обрано метод назолабіального дзеркального зображення [2]. Цей метод простий, гуманний, безкровний та нетрудомісткий [3].

Він також може бути використаний для встановлення виду тварини та визначення деяких їх анатомічних та фізіологічних особливостей [4].

Робота системи базується на використанні технологій встановлення ідентичності дзеркального відбитка носогубного дзеркала тварини із зображенням дерматогліфу, що зберігається в базі даних системи. Процедура порівняння можна виконувати для всіх дерматогліфів, що зберігаються в базі даних, як послідовно, так і паралельно-послідовно. Якщо ідентична пара зображень знайдена з визначеною достовірністю, процедура завершується.

Для порівняння зображень у системі використовуються загальноприйняті методи теорії розпізнавання зображень.

Для тестування були використані три різних зображення дерматогліфів, які дозволили перевірити здатність програми ідентифікувати об'єкти різних типів візерунків носогубного дзеркала тварин.

Процес ідентифікації складається з трьох основних етапів - знебарвлення, видалення шуму та вибір спеціальних точок.

Результати ідентифікації кожного дерматогліфу наведені у табл.1.

### Література

1. Лозовая Г.С., Аржанкова Ю.В. Идентификация некоторых молочных пород и родственных групп крупного рогатого скота по дерматоглифическим рисункам носогубного зеркала, URL: <http://www.agrobiology.ru/2-2010lozovaya.html>
2. S.Kumar, S.K.Singh, A.K.Singh. Muzzle point pattern based techniques for individual cattle identification. IET Image Processing. 11(10), 2017, pp. 805-814. doi:10.1049/iet-ipr.2016.0799
3. Вінничук Д., Мережко П., Трофименко О. Узори носогубного дзеркала корів. Тваринництво України, 2 (1977), с.34-35.
4. H.B.Bae, D. Pak, S. Lee. Dog Nose-Print Identification Using Deep Neural Networks. IEEE Access, 9, 2021, pp.49141 - 49153. doi:10.1109/ACCESS.2021.3068517

УДК 519.161

**МЕТОД ЛОКАЛЬНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ РОЗВ'ЯЗАННЯ  
ЗАДАЧІ КОМІВОВАЖЕРА**

Д.т.н. Грицюк І.В. <sup>[0000-0001-7065-6820]</sup>,  
к.т.н. Плечистий Д.Д. <sup>[0000-0002-0219-2603]</sup>,  
к.т.н. Морозов А.В. <sup>[0000-0003-3167-0683]</sup>, Локтікова Т.М. <sup>[0000-0002-3525-0179]</sup>,  
Шадура В.А. <sup>[0000-0003-2635-7211]</sup><sub>2</sub>  
*morozov@ztu.edu.ua*

**LOCAL SEQUENCE METHOD OF FINDING SOLUTION TO  
TRAVELING SALESMAN PROBLEM**

**Dr.Sci. Gritsuk I., Ph.D. Plechystyy D., Ph.D. Morozov A., Loktikova T.,  
Valentyna S.**

*Анотація.* У статті викладено метод побудови локальних послідовностей, адресований задачі комівояжера (ЗК) та її обмеженим версіям у вигляді поліноміальних алгоритмів знаходження задовільних за точністю розв'язків. У запропонованому методі враховуються особливості ефективно розв'язуваних узагальнень задачі про призначення. Викладаються міркування, які є основою для розробки алгоритмів розв'язання ЗК методом побудови локальних оптимальних послідовностей. Представлено алгоритм побудови обходу  $\tau^0$ . Запропонований алгоритм характеризується малою трудомісткістю побудови допустимого розв'язку  $\tau^0$ . Оцінено час його роботи. Часова складність запропонованого алгоритму оцінюється величиною  $O(n^2)$ . На практиці алгоритм працює швидше, ніж евристика «іди в найближчий».

*Ключові слова:* задача комівояжера, матриця перестановки, обхід, NP-трудна.

*Abstract.* The article describes the method of local sequencing, addressed to traveling salesman problem (TSP) and its restricted versions in the form of polynomial algorithms of finding satisfactory exact solutions. The proposed method takes into account the features of efficiently solvable generalizations of assignment problem. The considerations that are the basis for the development of algorithms for solving TSP by local optimal sequence building are presented. The algorithm for building the bypass  $\tau^0$  is presented. The proposed algorithm is characterized by low complexity of building a

acceptable solution to  $\tau^0$ . The time of its operation is estimated. The time complexity of the proposed algorithm is estimated with value  $O(n^2)$ . In practice, the algorithm works faster than the "go to the nearest" heuristics.

**Keywords:** traveling salesman problem, permutation matrix, bypass, NP-hard.

Запропоновано метод побудови локальних послідовностей для розв'язання задачі комівояжера (ЗК) та її обмежених версій.

Зформульовано ЗК.

Викладаються міркування, які є основою для розробки алгоритмів розв'язання ЗК методом побудови локальних оптимальних послідовностей.

Отримано простий спосіб побудови підмножини циклічних перестановок довжини  $n$  для квадратної матриці порядку  $n$   $[d_{ij}]_n$ , в якій

$$d_{ij} = \begin{cases} d_{ij}, \text{Якщо } i \neq j, \\ \infty \text{ інакше,} \end{cases}$$

$d_{ij} \in Z_0^+$ ,  $Z_0^+$  – множина цілих невід'ємних чисел, що полягає у виконанні таких дій. Із  $[d_{ij}]_n$  формуються  $n - 2$  підматриць  $[d_{ij}]_r$  на головній діагоналі матриці  $[d_{ij}]_n$ . У кожній підматриці  $[d_{ij}]_r$  номери рядків та стовпців задаються однією послідовністю  $(1, 2, \dots, r)$ ,  $r = \overline{2, n - 1}$ . Далі для кожної циклічної перестановки довжини  $r$ , отриманої з матриці  $[d_{ij}]_r$ , утворюються  $r$  циклічних перестановок довжини  $r + 1$  за допомогою дій по видаленню та доданню елементів матриці  $[d_{ij}]_{r+1}$ .

Такий спосіб формування множини допустимих розв'язків в підматрицях  $[d_{ij}]_r$  заданої матриці вартостей  $[d_{ij}]_n$ ,  $r = \overline{2, n - 1}$ , добре вбудовується в схему утворення локальних послідовностей, за допомогою якої виявилось можливим ефективно розв'язати декілька узагальнень задачі про призначення. Показано, як застосувати схему для

побудови за поліноміальний час обходу  $\tau^0$ , що є прийнятним за точністю, для реальних вхідних даних.

Представлено алгоритм побудови обходу  $\tau^0$ .

Запропонований алгоритм характеризується малою трудомісткістю побудови допустимого розв'язку  $\tau^0$ . Оцінено час його роботи.

Побудова обходу  $\tau^0$  закінчується після виконання елементарних операцій типу вставки, додавання, віднімання та порівняння.

Відповідно, часова складність запропонованого алгоритму оцінюється величиною  $O(n^2)$ . На практиці алгоритм працює швидше, ніж евристика «іди в найближчий».

УДК 004.9

## ЗАСТОСУВАННЯ ГНУЧКИХ МЕТОДІВ ТЕСТУВАННЯ WEB-РЕСУРСІВ ІЗ ЗАПРОВАДЖЕННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОВИ C++

К.Т.н. Шибасєва Н.О. [0000-0002-7869-9953], Шибасєв Д.С. [0000-0002-3260-5843]  
*nati.shibaeva@gmail.com*

## APPLICATION OF FLEXIBLE METHODS FOR TESTING WEB RESOURCES WITH THE INTRODUCTION OF THE FUNCTIONAL C++ LANGUAGE

Ph.D. Shybaieva N., Shybaiev D.

**Анотація.** Сучасні засоби динамічного та автоматизованого тестування орієнтовані на визначення помилок та критичних сценаріїв на front-end та back-end частинах за рахунок використання сучасної платформи тестування Selenium. Однак використання автоматизованих сценаріїв для обох частин веб-ресурсів неможливе, завдяки складній структурній системі та не підтримці автоматизованих сценаріїв написаних на C++. Розробка функціонального драйверу для сервісу Selenium вирішує визначену проблему та автоматизує процес тестування веб-ресурсів.

**Ключові слова:** тестування, Selenium, автоматизація.

**Abstract.** Modern dynamic and automated testing tools focus on identifying errors and critical scenarios in the front-end and back-end parts by using the

state-of-the-art Selenium testing platform. However, the use of automated scripts for both parts of web resources is not possible due to the complex structural system and the lack of support for automated scripts written in C++.

**Keywords:** testing, Selenium, automation.

Інформаційні системи з точки зору системного аналізу є складними системами, оскільки складаються з безлічі різних частин: функціональні модулі, сервера різного напрямку, бази даних, методів передачі даних і іншого [1]. Одним з напрямків сучасного тестування є веб-ресурси та системи, які активно розвиваються та інтегруються в сучасне оточення та потребують великої якості кінцевого екземпляру [2]. Однак розробка сучасних, потужних та ефективних тестових сценаріїв потребують використання мови програмування C++, так як вона дозволяє тестувати серверну частину розробленого ресурсу та визначати найбільш критичні помилки в роботі сервісу [3]. Таке рішення є новим та потребує розробки спеціалізованого оточення яке зможе взаємодіяти як з front-end частиною ресурсу так і з back-end. Для цього виконано проектування спеціалізованого драйверу для системи Selenium, який дозволяє оброблювати тестові сценарії, написані на мові C++.

На рис. 1 зображено функціональну діаграму варіантів використання розробленого рішення.

Спроектвана система має спеціалізоване призначення, яке дозволяє взаємодіяти з web-сторінками, та проводити автоматизоване тестування функціональних можливостей. Таке рішення є актуальною задачею для тестувальників-автоматизаторів, та потребує використання спеціалізованого програмного оточення. До такого оточення слід віднести функціональний сервер Selenium, який дозволяє проводити тестування на хості сайта чи додатка.

Однак, Selenium не є досить гнучким рішенням для проведення тестування. Він орієнтований для використання виключно web-мов програмування, що суттєвим чином зменшує ефективність тестування. Автоматизовані та функціональні тестові сценарії необхідно розробляти виключно використовуючи мову програмування C++, оскільки вона має більший вплив на взаємодію зі структурними та функціональними компонентами. Отже, для взаємодії мови програмування C++ та серверу тестування Selenium, необхідно розробити спеціалізований драйвер оточення, який дозволить поєднати функціональні можливості та зробити з цього єдине рішення.

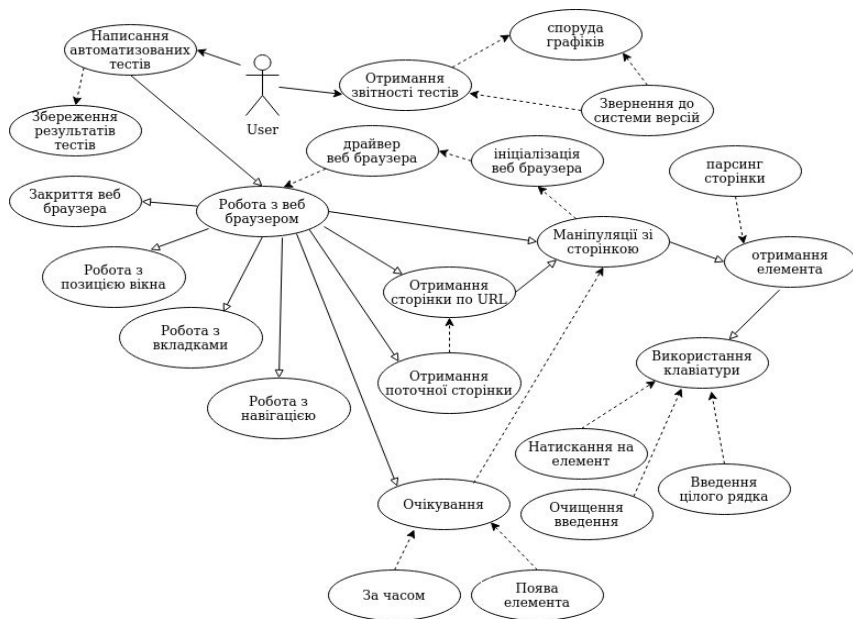


Рис. 1. Діаграма варіантів використання до розробленого рішення

Структурна взаємодія ґрунтується на поєднанні тестових сценаріїв, які написані мовою програмування С++ та їх взаємодії з спеціалізованим набором скриптів. Далі тестовий сценарій інтерпретується для виконання на сервері Selenium, який під'єднується до хосту сайту чи додатку. Це дозволяє провести процес тестування, та отримані результати зберегти в оточенні Selenium. Наступним етапом є трансляція результатів тестування в більш ефективну систему виведення інформації для тестувальника та для інших робітників з групи розробки. Для цього використовується журналізоване формування звіту.

Висновки. Результатом роботи є спроектоване спеціалізоване програмне оточення, яке включає в себе окрему функціональну бібліотеку та набір спеціалізованих автоматизованих тестових сценаріїв, які виконуються у взаємодії з Selenium Server. Встановлено мінімальний достатній рівень ефективності тестування при використанні зазначеної

методики. Надалі ефективним розвитком системи є впровадження самостійного платформного рішення з додання нових тестових сценаріїв та їх використанні при багаторазових перевірках ресурсів.

### Література

1. Блек Р. Ключевые процессы тестирования. Планирование, подготовка, проведение, совершенствование / Р. Блек. – М.: Лори, 2016. – 537 с.
2. Эдгрэн Р. The little black book on test design / Р. Эдгрэн. – NY.: CreateSpace, 2011. – 228 p.
3. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер, Д. Райс, М. Фоммел. – М.: Вильямс, 2006. – 544 с.

УДК 519.6

### РОЗРАХУНОК ІНВАРІАНТНИХ МІР НА МОДЕЛЯХ БАГАТОГРАННИКІВ

К.ф.-м.н Герасін О.І.<sup>1</sup>[0000-0002-9250-8324], Тяпченко О.М.<sup>2</sup>[0000-0002-2412-1515]  
E-mail: <sup>1</sup>agerasin@ukr.net, <sup>2</sup>sanfan77@ukr.net

### CALCULATION OF INVARIANT MEASURES ON POLYHEDRON MODELS

Ph.D. Gerasin A.I., Tyapchenko O.M.

**Анотація.** У цій доповіді автори розглядають багатогранні узагальнено опуклі множини. Запропонований метод і отримані результати розрахунків дозволяють знаходити інваріантні міри при вирішенні прямої і оберненої задачі томографії. Повідомляється про алгоритм реалізований на мові програмування Python, що дозволяє вирішувати практичні задачі.

**Ключові слова:** інваріантна міра, узагальнене опукле тіло, багатогранні множини, теорема Крофтона, міра гіперплоскостей, задача томографії, мова програмування Python.

**Abstract.** In this report the authors article the author consider the polyhedral generalize convex sets. Offered method and got results of calculations, enable to find invariant measures at the decision of direct and reverse task of tomography. It is reported about an algorithm implemented in the Python language that allows solving practical problems.

**Keywords:** Invariant measure, generalize convex body, polyhedral sets, Crofton theorem, measure of hyperplanes, task of tomography.

Більшість мінералів має кристалічну будову у вигляді різних багатогранників. Існують математичні методи і алгоритми відновлення внутрішньої структури об'єкту за проєкційними даними.

В процесі досліджень, пов'язаних з даною роботою виявилось, що природним апаратом для рішення задач пов'язаних з інваріантними мірами, є  $(n - 1)$ -опуклі множини. Властивості  $(n - 1)$ -опуклих множин досліджені в [1],[2].

Якщо  $\mu^2$   $\sigma$ -скінченна міра у просторі площин, інваріантна відносно групи всіх трансляцій і поворотів у  $R^3$ , то:

$$\mu^2(K) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} l(\rho_{\varphi\theta} K) \sin \vartheta d\varphi d\vartheta \quad (1)$$

де  $K \subset R^3$  - компактна опукла множина,  $\mu^2(K)$  - міра площин, які перетинають множину  $K$ ,  $l(\rho_{\varphi\theta} K)$  - довжина ортогональної проєкції  $K$  на пряму, що проходить через  $(0,0,0)$  у напрямку  $(\sin\theta\cos\varphi, \sin\theta\sin\varphi, \cos\theta)$ .

Для багатогранника  $M \subset R^3$  є формула міри множини всіх площин, що перетинають  $M$ :

$$\mu^2(M) = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^n (\pi - \alpha_i) l_i \quad (2)$$

де  $l_i$  довжина  $i$ -го ребра,  $\alpha_i$  - двогранний кут між гранями, які утворюють  $i$ -є ребро.

Досліджено методику обчислень 2-мір за допомогою узагальнення теореми Крофтона на системі двох багатогранників, використовуючи властивості 2-опуклих багатогранників і спеціальних  $F$ -множин (2).

Отримані результати узагальнюються на множину довільно розташованих багатогранників. В [3] наведено приклад алгоритму знаходження опуклої оболонки, координат найменшого опуклого багатокутника, який повністю включає в себе набір  $n$  двовимірних точок  $P$  (стор. 290). Це дає можливість створити на мові програмування Python нову програму, що розв'язує задачу у тривимірному випадку. Знайти 2-опуклу оболонку, координати найменший 2-опуклої множини, що складається з двох багатогранників, яка повністю включає в себе набір  $n$  трьохвимірних точок  $P^*$ . Пропонований метод та одержаний результат обчислень, дають змогу знаходити інваріантні міри сукупності



багатогранників, що може бути використано при рішенні прямої і зворотної задачі томографії.

#### Література

1. Герасін Олексій Іванович. Про геометричні ймовірності /О.І.Герасін // Вісник університету «Україна» Теоретичне та науково-методичне видання № 6, 2008- С. 93-96.

2. Герасін Олексій Іванович. Інваріантні міри на системах багатогранників /О.І.Герасін // Праці міжнародного геометричного центру Том 7, №. 4, 2014 - С. 83-92.

3.Хайнман, Джордж, Пояяис, Гэри, Сеяков, Стэнли. Х15 Алгоритмы. Справочник с примерами на С, С++, Java и Python, 2-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО “Альфа-книга”, 2017. — 432 с. : ил.

УДК 004.514

### МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКОВИХ ДАНИХ

Д.ф-м.н. Малахов О.В.<sup>1[0000-0002-5003-8715]</sup>, Малахова Д.О.<sup>2[0000-0003-4833-1485]</sup>  
E-mail: <sup>1</sup>a\_malahov@yahoo.com; <sup>2</sup>malakhova.d.o@opu.ua

### MODEL OF CALCULATING AERODYNAMIC FLOW DATA Dr.Sci. Malakhov O.V., Malakhova D.O.

**Анотація.** Поняття масиву даних під час інформаційної обробки результатів рішення диференціальних рівнянь руху є варіативним.

**Ключові слова:** модель, обчислення аеродинамічних поточкових даних

**Abstract.** The concept of a data array during information processing of the results of solving differential equations of motion is variable.

**Keywords:** model, calculation of aerodynamic flow data

Це обумовлено тим, що при моделюванні течію можна відтворити з різним рівнем якості. Так згідно з результатами досліджень роботи [1]: «облік додаткових нестационарних збурень зазвичай викликає тільки збільшення тимчасового інтервалу інтегрування рівнянь руху і не вимагає зменшення кроку сітки, тобто збільшення обсягу займаної оперативної пам'яті ЕОМ». Для вирішення рівнянь математичної моделі була запропонована модель обчислення аеродинамічних поточкових даних (АПД). Вона є чотиривимірною моделлю обчислення АПД (рис. 1) з загальною структурою масивів виду:

$$V_{i,j,k} \sim V[i=0..N, j=0..M, k=0..F, t=1..3],$$

де  $N, M, F$  – розмірність просторової сітки, яка визначається кількістю розрахункових вузлів в напрямку  $X$  (номер останнього вузла дорівнює  $N$ ),  $Y$  (номер останнього вузла дорівнює  $M$ ),  $Z$  (номер останнього вузла дорівнює  $F$ );  $t$  – тимчасовий рівень (максимальне значення  $t = 3$ ).

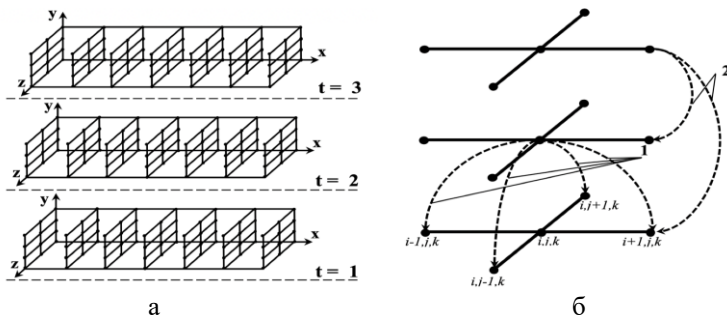


Рис. 1. Чотирьохвимірний модель обчислення АПД при інертизації трюмів (а – представлення АПД в чотирьохвимірному просторі; б – траєкторія обчислення одновимірних масивів).

Модель передбачає трьохвимірне відтворення розрахункових АПД в часі (четвертому вимірюванню) з подальшим представленням у вигляді одновимірних масивів. Модель також передбачає запропоновану траєкторію обчислень одновимірних масивів з подальшою переадресацією, що знижує час обчислень при незначному збільшенні ресурсів оперативної пам'яті комп'ютера. При програмній реалізації запропонованої моделі АПД перевірка якості одержуваних результатів виконується з додержанням двох умов. Перша умова полягає в умові стійкості обчислювального процесу. Критерієм такої стійкості є нерівність (1), який іноді називають числом Куранта або сітковим числом Рейнольдса [2]. Другою умовою є перевірка невідповідності знаку рівності в основних рівняннях руху. Така перевірка повинна здійснюватися в кожному розрахунковому вузлі  $i$  на кожному часовому рівні. Якщо максимальна величина розрахункового дисбалансу знаходиться на рівні менше  $1 \cdot 10^{-6}$  то можна вважати, що модельований потік відтворюється з максимальним наближенням до реальної течії. Реальний розподіл обох критеріїв в поперечній площині течії було отримано під час реалізації інформаційної технології на прикладі вирішення конкретного завдання. У

цьому завданні була виконана візуалізація ізоліній струму і завихреності для гідродинамічного потоку всередині циліндричного трубопроводу.

### Література

1. Требования к суперЭВМ в избранных дисциплинах, представляющих интерес для аэрокосмонавтики/ В. Л. Петерсон, Дж. Ким, Т. Л. Холст и др. *ТИИЭР: Пер. с англ.*, 1989, т.77, № 7, с. 66–84. – Supercomputers requirements for selected disciplines important to aerospace./ V. L. Peterson, J. Kim, T. L. Holst et al. *Proc. Of the IEEE*, 1989, vol. 77, N.7, p.1038 – 1055.
2. Пейре Р., Тейлор Д. Вычислительные методы в задачах механики жидкости. Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1986 – 352 с.
- 3.

УДК 656.078

### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИНАЛА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ГРУЗОПОТОКА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

Д.т.н. Шраменко Н. Ю. <sup>1[0000-0003-4101-433X]</sup>, Шраменко В. А. <sup>2[0000-0002-3551-6942]</sup>  
E-mail:<sup>1</sup> nshramenko@gmail.com, <sup>2</sup>shramenko.vlad@gmail.com

### OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE TERMINAL COMPLEX OPERATION FOR HANDLING CARGO UNDER UNCERTAINTY AND RISK Dr.Sci. Shramenko N., Shramenko V.

**Аннотация.** Разработана имитационная модель функционирования грузового терминала. Модель позволяет учесть различные вероятностные факторы, установить закономерности изменения технологических параметров и определить их оптимальные значения, а также исследовать количество задействованных ресурсов и временные характеристики терминала.

**Ключевые слова:** имитационная модель, технологические параметры, грузовой терминал, ресурсы, затраты.

**Abstract.** The simulation model of the cargo terminal operation has been developed. The model makes it possible to take into account various

probabilistic factors, to establish the patterns of change of technological parameters and determine their optimal values, as well as to study the number of resources involved and the time characteristics of the terminal.

**Keywords:** Simulation model, Technological Parameters, Cargo terminal, Resources, Costs.

Развитие терминалов является необходимым условием формирования в стране современной транспортной инфраструктуры [1]. Многофункциональная деятельность невозможна без использования современных информационных технологий [2] и автоматизированных систем [3]. Использование таких систем позволяет уменьшить сроки и увеличить качество обработки грузов [4]. Учитывая технологические показатели функционирования грузового терминала формализован критерий эффективности [5], который ориентирован на логистические потребности системы и представляет собой зависимость суммарных суточных затрат на функционирование терминала от технологических параметров. Определено, что грузовой терминал представляет собой систему массового обслуживания разомкнутую с ожиданием (очередью), функционирование которой является случайным процессом с дискретными состояниями и непрерывным временем. Функционирование терминала представлено как четырехфазная система массового обслуживания, где входным параметром является интенсивность поступления автомобилей на грузовой терминал, а оптимизируемыми параметрами - интенсивности обслуживания (переработки) грузопотока в каждой фазе соответственно.

Разработана имитационная модель функционирования грузового терминала в условиях неопределенности и риска, которая дает возможность учесть различные вероятностные факторы и установить закономерности изменения технологических параметров, определить их оптимальные значения. С помощью имитационного моделирования проведены эксперименты с последующей статистической обработкой полученных данных с целью определения числовых характеристик исследуемого процесса и исследования статистических оценок его параметров.

### Литература

1. Wiegman Bart W., Masurel E., Nijkamp P. Intermodal freight terminals: an analysis of the terminal market. Available at: [people.hofstra.edu/jean-paul\\_rodrigue/jpr\\_publications.html](http://people.hofstra.edu/jean-paul_rodrigue/jpr_publications.html)

2. Peraković D., Periša M., Sente R.E. Information and Communication Technologies Within Industry 4.0 Concept/ In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing, DSMIE 2018, Springer, Cham, pp. 127-134, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-93587-4\_14

3. Alekseev S. Prospects for the implementation and use of innovative intelligent technologies in modern transport systems/ International Journal of Open Information Technologies, 6 (6), pp. 38–43, 2018.

4. Шраменко Н. Ю. Автоматизація та інформаційні технології як основа ефективного функціонування вантажних термінальних комплексів / Н. Ю. Шраменко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: наук. журн. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – № 2(4) – С. 170–175.

5. Шраменко Н. Ю. Вплив технологічних параметрів процесу функціонування транспортно-складського комплексу на собівартість переробки вантажу / Н. Ю. Шраменко // Восточно-Европейський журнал передових технологій: сб. науч. тр. – Х., 2015. – Вип. 5/3 (77) – С. 43–47.

УДК 685.31.02

**АВТОМАТИЧНА ПОБУДОВА РЕШІТЧАСТИХ СХЕМ  
РОЗКРОЮ ДЛЯ ДВОХ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ  
РІЗНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО КОНТУРУ**

**Д.т.н. Чупринка В.І.** <sup>[0000-0001-6869-3091]</sup>,

**к.т.н. Чупринка Н.В.** <sup>[0000-0003-1507-489X]</sup>

*E-mail: Chuprinka\_V\_I@ukr.net, Natasha-chup@ukr.net*

**AUTOMATIC CONSTRUCTION OF LATTICE SCHEMES OF  
CUTTING FOR TWO FLAT GEOMETRICAL OBJECT OF  
DIFFERENT CONFIGURATION EXTERNAL CONTOURS**

**Dr.Sci. Chuprynkа V., Ph.D. Chuprynkа N.**

**Анотація.** У статті розглядаються математичне та програмне забезпечення для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою прямокутних матеріалів на комбінацію двох різних за конфігурацією плоских геометричних об'єктів зі складною конфігурацією зовнішніх контурів. Запропоноване математичне забезпечення було реалізоване в програмному продукті для автоматичного проектування раціональних схем розкрою прямокутних матеріалів для

комбінації двох різних за конфігурацією плоских геометричних об'єктів зі складною конфігурацією зовнішніх контурів.

**Ключові слова:** раціональний розкрій, прямокутний матеріал, зовнішній контур, система розміщення

**Abstract.** The article considers mathematical and software for automated design of rational schemes for cutting rectangular materials on a combination of two different configurations of flat geometric objects with a complex configuration of external contours. The proposed mathematical software was implemented in a software product for automatic design of rational schemes of cutting rectangular materials for a combination of two different in configuration flat geometric objects with a complex configuration of external contours.

**Keywords:** rational cutting, rectangular material, external contour, placement system

Багато робіт присвячено розробці раціональних схем розкрою матеріалів на плоскі геометричні об'єкти. Математичні моделі компактного розташування опуклих плоских геометричних об'єктів представлені в [1-2]. Але в більшості випадків деталі взуття не є опуклими плоскими геометричними об'єктами. Генетичні алгоритми використані в [3]. Але ці алгоритми не завжди дають задовільний результат за обмеженої час. Тому завданням даної роботи є розробка методу автоматичного проектування раціональних схем розкрою прямокутних матеріалів для плоских геометричних об'єктів зі складною конфігурацією зовнішніх контурів. Проблема автоматизованого проектування раціональних схем розкрою прямокутних матеріалів на плоскі геометричні об'єкти в такій постановці не розглядалася. Ця задача може бути сформульована наступним чином: серед множини допустимих подвійних решіток

$W_i = W_i(\vec{a}_{1i}, \vec{a}_{2i}, \vec{g}_i)$  для двох деталей  $S_1$  та  $S_2$  з площами  $|S_1|$  та  $|S_2|$  без обмежень на орієнтацію деталей знайти таку подвійну решітку  $W^* = W(\vec{a}_1^*, \vec{a}_2^*, \vec{g}^*)$ , для якої відсоток використання матеріалу був би максимальним, тобто

$$P^* = \max_{i=1,2,r} P_i = \max_{i=1,2,r} \frac{k_{1i}|S_1| + k_{2i}|S_2|}{Dl_i \cdot Sh} \cdot 100\% = \frac{k_1|S_1| + k_2|S_2|}{Dl^* \cdot Sh} \cdot 100\%,$$

де  $k_{1i}$  - кількість деталей першого типу в  $i$ -ій розкрійній схемі,

$k_{2i}$  - кількість деталей другого типу в  $i$ -ій розкрійній схемі.

Запропоновані математичні моделі та алгоритми дозволили розробити програмне забезпечення для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів прямокутної форми на комбінацію двох різних за формою плоских геометричних об'єктів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру. Це програмне забезпечення можна використовувати в різних галузях, де необхідно раціонально розкрити матеріали прямокутної форми на плоскі геометричні об'єкти зі складною конфігурацією зовнішнього контуру і підвищити ефективність використання матеріалів при розкрою.

### Література

1. Guo P.N. Floor-planning using a tree representation/ P.N. Guo, T. Takahashi, C.K. Cheng, T. Yoshimura // IEEE Trans. on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2001. – 281 p.
2. Sakanushi K. The quarter-state-sequence floorplan representation / K. Sakanushi, Y/ Kajitani, D.P. Mehta// IEEE Trans. on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2003. – 376 p.
3. Sherwani N.A. Algorithms for VLSI Physical Design Automation. Third Edition, Kluwer Aca-demic Publisher, USA, 2013., 338 p.

UDC 004.942

### NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS MODELLING USING TIME DELAY NEURAL NETWORK

**Dr.Sci. Verlan A.** <sup>[0000-0002-8565-2037]</sup> <sup>1</sup>, **Dr.Sci. Fomin O.** <sup>[0000-0002-8816-0652]</sup> <sup>2</sup>,  
**Dr.Sci. Polozhaenko S.** <sup>[0000-0002-4082-8270]</sup> <sup>2</sup>

*E-mail:* <sup>1</sup> *a.f.verlan@gmail.com,*  
<sup>2</sup> *fomin@opu.ua, polozhaenko@opu.ua*

**Abstract.** The work solves the problem of nonlinear dynamic objects modelling. The purpose of the work is to improve the accuracy of nonlinear dynamic objects identification under conditions of a priori uncertainty. The purpose is achieved by developing a method for identifying models in the form of Volterra series, which simultaneously describe the nonlinear and dynamic properties of the object. The apparatus of neural networks with time delays is considered as a method of identification, providing convenience in modeling both in test and in functional mode. The most essential results: the method of

identification of nonlinear dynamic objects models with the use of information relation of Volterra series and time delay neural networks has been further developed.

**Keywords:** nonlinear dynamic objects, modeling, Volterra series, time-delay neural networks.

The purpose of the work is to improve the accuracy of nonlinear dynamic objects identification under conditions of a priori uncertainty. A priori uncertainty caused by the insufficient study of the processes occurring in the objects of diagnosis due to the operation in a wide range of external conditions and the lack of opportunities to use test signals of a special form ( $\delta$ -function, step function, harmonic signal).

For a wide class of nonlinear dynamic objects the dependence between the influence  $X(t)$  and reaction  $Y(t)$  in explicit form can be represented by the functional degree-dependent Volterra series [1, 2]. However, the use of Volterra models for the identification of nonlinear dynamical systems of high order is at a loss by several restrictions: practical inability to expand the evaluation of higher-order kernels (due to the increased size of the kernel representation) and strict requirements to the amplitude and shape of the input test signals [3]. As a new effective approach of dynamical objects identification with nonlinearity of higher orders suggests time-delay neural nets (TDNN). The above calls for looking for joint efforts for using Volterra models and three-layer TDNN [4].

Analyzing the models based on the form of Volterra series and TDNN, we can conclude that they has isomorphic expressions [4, 5]. Thus, the Volterra kernels can be express through the weight coefficients and shifts of the hidden neurons of the neural net. An informational relation between nonlinear dynamic models in the form of Volterra series and TDNN has been established. On the base of this relation the method for evaluating higher-order Volterra kernels developed. It allows to increase the accuracy of nonlinear dynamic models identification in the form of Volterra series by evaluating higher-order Volterra kernels using TDNN.

The obtained results prove the possibility of building Volterra models of nonlinear dynamic objects using TDNN and training samples on the base of the input signals of the special form ( $\delta$ -functions, step functions, harmonic signals) and output responses. On the base of established relationship between TDNN and Volterra models algorithm of nonlinear dynamical objects identification developed. The efficiency of the suggested identification method investigates using as an example a test nonlinear dynamical object. The test object used is the first order object with quadratic nonlinearity in a feedback relation. The application of the developed method for the identification of the test nonlinear



dynamic object allows to get the nonlinear dynamic model on the base of Volterra kernels with error of 5-19% in comparison with analytic models in the form of Volterra series.

### References

1. Fomin O. O., Ruban O. D., Rudkovskiy O. V., Method for construction the diagnostic features space of switched reluctance motors based on integral dynamic models, Problemele energeticii regionale no. 4 (2020) 35-44. doi: 10.5281/zenodo.4316968.
2. Fomin O., Derevianchenko O., Improvement of the quality of cutting tools states recognition using cloud technologies, Lecture notes in mechanical engineering (2020) 243–252. doi: 10.1007/978-3-030-50794-7\_24.
3. Guidotti R., Monreale A., Ruggieri S., Turini F., Giannotti F., Pedreschi D., A survey of methods for explaining black box models, ACM Comput. Surv, vol. 51, no. 5 (2018) 1-42. doi: 10.1145/3236009.
4. Aniruddha Rajendra Rao, Matthew Reimherr, Non-linear functional modeling using neural networks, 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2104.09371>.
5. Stegmayer G., Pirola M., Orenco G., Chiotti O., Towards a Volterra series representation from a neural network model, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, archive 1 (2004) 55-61.

UDC: 621.396.674.35

## CARBON COMPOSITE MATERIAL MARITIME ANTENNAS FOR RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

<sup>1</sup>Belyaev G.R. [0000-0003-2995-3887], <sup>2</sup>Dr.Sci. Fedosenko Yu.S. [0000-0002-9434-4386]

*E-mail:* <sup>1</sup>welles16@yandex.ru, <sup>2</sup>fds1707@mail.ru

**Abstract.** This paper considers the possibility of using materials based on carbon in antenna technology. Technical solutions for the creation of antennas for communication systems and data transmission of sea and river transport have been proposed and tested. Computer simulation and experimental investigation of the obtained samples electromagnetic characteristics have been carried out, and the proposed technical solutions application effectiveness has been shown.

**Keywords:** dipole antenna, horn antenna, carbon composite, graphene

Tntennas are the important component of modern communication and data transmission devices on water transport. The most commonly used materials for their manufacture are metals, which do not always provide sufficient corrosion

resistance and temperature stability. The main requirement in the antenna device development is the stability of its electromagnetic parameters, so the alternative materials research and application for the construction of such systems becomes necessary.

To improve the performance characteristics of modern antennas, it is proposed to use carbon-based materials - carbon composites (CCM). In terms of specific gravity, strength and rigidity, CCM surpasses metals used in antenna technology. In this case, the materials available on the market based on carbon were considered, and Zoltek PX35 was selected as having the highest conductive properties. To fix the carbon composite filament, it was proposed to modify the epoxy binder by graphene-like structures to impart conductive properties and reduce contact resistances in the joints.

Due to the differences in the resistivity of metals and PX35 CCM, the antenna gain computer simulation was carried out depending on the material from which they are made. The simulation results confirmed the fundamental possibility of using the selected carbon composite to create antenna devices and did not show a significant deterioration in the characteristics of CCM antennas in comparison with metal analogs: the difference was a few percent.

Reflex dipole antennas for 200, 530, 600 and 1040 MHz operation frequencies with various CCM structure forming technologies were made, as well as horn antennas of the L- and C-bands with 1.6 and 5 GHz central operating frequencies [1]. Experimentally and in an anechoic chamber, the main electromagnetic characteristics of the created model samples and their metal analogs were measured. The comparing results of the obtained data showed the fundamental possibility of using approved technical solutions, and minor differences in characteristics within a few percent are caused by inaccuracies in laboratory measurements.

Based on this experimental studies and computer modeling of the electromagnetic characteristics of reflex dipole and horn antennas results, it is shown that the carbon composite materials with graphene-containing epoxy binder application is effective for the maritime radio communication antenna systems creation. The application of these materials will improve the reliability of data transmission in difficult water-air ambience of water transport.

### References

1. Dugin N. A., Zaboronkova T. M., Krafft C. and Belyaev G. R. Carbon-based Composite Microwave Annennas (Review) // MDPI. Electronics – 2020, Vol. 9, P. 590-1-590-17., dx.doi.org/10.3390/electronics9040590

UDK: 629.123

**MODELING AND VISUALIZATION OF THE FORECAST  
TRAJECTORY FOR THE RIVER VESSEL OPERATION CONTROL  
SUPPORT SYSTEM**

<sup>1</sup>**Galeev R.E.** [0000-0003-4059-7908],

<sup>2</sup>**Dr.Sci. Solovev A.V.** [0000-0002-6304-9739],

<sup>3</sup>**Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.** [0000-0002-9434-4386]

*E-mail:* <sup>1</sup>*r.galeev@volgafлот.com*, <sup>2</sup>*solovev@rivregnn.ru*, <sup>3</sup>*fds1707@mail.ru*

**Abstract.** The approach to dynamic modeling of the forecast trajectory of the ship and its continuous visualization on the electronic panel is considered, with the overlay on the current digital double of the real scene of the environment on the course of the ship. The software and hardware implementation of the developing approach provides an opportunity to objectively assess the safe distance to potential navigational obstacles and interference within the ship's course and adopted pre-emptive management decisions both directly by the ship and operator at the remote automated control of the ship's movement on the course.

**Keywords:** modeling, visualization, motion forecasting, ship, decision support system, ship trajectory.

The main task of the skipper's decision support system (DSS) when operating (maneuvering) a river vessel is to increase the safety of navigation, taking into account the current features of the waterway, navigation and hydrometeorological conditions, as well as the technical equipment of the vessel and the competence of the watch chief.

Modern technical means allow us to determine and provide the skipper with the actual values of the characteristics of the position and speed of the vessel, the parameters of the equipment and the environment according to the course of the vessel's movement [1-3].

In order to exclude subjective foresight and imaginary representation of the ship's trajectory when performing a maneuver in the conditions of the current navigable and interference situation, the task of providing the skipper with the capabilities of high-precision forecasting of the ship's trajectory within the inertial distance, its realistic digital visualization, adequate to the current values of the dynamic parameters of the ship, is very significant.

This approach allows you to determine and display the "end point" on the current visual scene in real time as a result of the performed maneuver.

In the software implementation of ship dynamics models, the calculation and construction of the forecast trajectory of a particular vessel (FTV) as an element of the DSS, it is carried out on the basis of data on its maneuverable and inertial characteristics established during mooring and sea trials, as well as information received from sensors of the position of the control bodies of the propulsion and steering complex, readings of linear and angular velocity devices.

By entering into the program or receiving from the onboard sensors the initial numerical values of the linear and angular velocities, as well as the angle of the rudder pen shift, we obtain the trajectory of its forward movement.

When the speed of the vessel or the position of the rudder pen changes, the trajectory of the vessel is automatically recalculated; changes in external influences on the vessel are taken into account in the corresponding changes in the indicators of the linear and angular velocity sensors.

The software and hardware implementation of the considered approach to dynamic modeling of the predictive trajectory of the ship's movement and its continuous visualization on the monitor with an overlay on the actual digital double of the real scene of the environment along the course of the ship's movement makes it possible to estimate the safe distance to potential navigation obstacles and interference within the ship's course.

The proposed innovative approach to the continuous joint visualization of the digital double of the current scene of the surrounding shipping situation and the forecast trajectory of the vessel's movement becomes essential in the operation of automatic vessels as an option for the supervisor's intervention in the operation of an integrated automatic control system in difficult navigation conditions.

In the future, digitalization of the process of constructing the coastline and lines for preventing the vessel from entering the dangerous zone of approach to the area of shallow depths or other navigational hazards of the water area, as well as determining objects of floating danger, is a priority direction for the further development of the proposed system.

It seems promising to develop the proposed approach in a more general direction – a visual representation of the current scene of the shipping situation together with the FTV and individual forecast trajectories of oncoming traffic vessels within the framework of a unified system of services for managing the safety of navigation in the river basin, built on the basis of appropriate cloud and satellite digital technologies.

### References

1. Alexey V. Solovev, Andrey V. Chernyshov, Margarita M. Chirkova Data support of ship's control system. Marine intellectual technologies, 2021, № 1 T. 1, pp. 71–75. doi: 10.37220/МИТ.2021.51.1.010
2. Endachev D.V., Bakhmutov S.V., Evgrafov V.V., Mezentcev N.P. Electronic systems of intelligent vehicles, Journal Mechanics of machines, mechanisms and materials. 2020, №4(53), pp. 5–10. doi: 10.46864/1995-0470-2020-4-53-5-10
3. Grinyak, Victor, Alexander Devyatisilnyi and Yuri Ivanenko. Decision support for marine traffic control based on route clustering. Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova 3(61) (2020): 436–449. doi: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-436-449

UDC 004.89

### NATURAL LANGUAGE PROCESSING FOR INTELLIGENT VIRTUAL ASSISTANT SYSTEM

Syromiatnikov M.V.<sup>[0000-0002-0610-3639]</sup>,

Ph.D., Prof. Ruvinskaya V.M.<sup>[0000-0002-7243-5535]</sup>

*E-mail: nik.syromyatnikov@gmail.com, ruvinska@opu.ua*

**Abstract.** This article provides a result of the concept creation and development procedure of a natural language processing service for an intelligent digital assistant system. As a result, the NLP service with data processing algorithms, an extended neural network training method aimed at productivity optimization, and original deep learning models based on Transformer architecture, was developed.

**Keywords:** natural language processing, machine learning, deep learning, data mining, text processing, virtual assistant system.

**Introduction.** Nowadays, a lot of modern services and applications burst into our lives and brand-new formats of interaction are becoming a reality. At the same time, outdated channels of interaction with users remain and it is almost impossible for a significant percentage of small and medium-sized businesses to fully automate their wide range of services, resulting in an excessive waste of time for people and an increase in operating expense for

companies. One of the possible solutions lies in the integration of one or more natural language interfaces (NLI) [1], often the implementation is carried out in the form of a smart assistant or an intelligent helper.

**Objectives.** Most of the existing solutions with support for CIS languages are either low quality or extremely expensive. Therefore the work aims to develop the natural language processing service for a virtual assistant using recent machine learning methods with special attention paid to the efficiency of models for Russian, Ukrainian, and English.

**Service functionality.** Proposed natural language processing service functionality includes intent detection, entity recognition, text normalization, question answering, ranking, and multi-label topic classification. Generally, intent detection is the task of retrieving user intention from the input request. The Named-entity recognition (NER) task aims at extracting named entities from the text. Text normalization is a required stage since in natural languages there may be various declensions of words, plurality, etc. In the context question answering the task is to return the most relevant segment of the paragraph. Ranking, accelerated by multi-label topic classification, is used for the open-domain question.

**Model's architectures.** To develop the service functionality, the fine-tuned deep learning models based on the BERT architecture [2] would be used. For the question answering procedure the BERT sequence output flows to the dropout and linear layer, which returns argmaxed logits for start and end positions for each input token. In the intent detection and classification models, the pooler output is used as the input for dropout regularization and a linear layer with a softmax. Fine-tuning for the ranking task is carried out using the pooler output of the BERT model, dropout, and linear layer with sigmoid to transform the output into the confidence of similarity. The NER model outputs predictions in the format of BIO-markup, for this purpose the sequence output is fed into the CRF layer.

Transformer-based architectures, including BERT, demonstrate state-of-the-art language understanding, however, the inference speed of the obtained models is unacceptable for our situation. To solve this problem the extended method of knowledge distillation [3] would be used. In our case, as a student model, the BERT with the reduced number of layers (4 vs 12) and specific weight initialization was selected. For the fast answer functionality, we implemented the extended method of multilingual open-domain question answering [4]. Here synthesis of sequence embeddings and gradient boosting combines with models for ranking, classification, and question answering to return the most relevant fragment of stored passages.

**Evaluation.** To assess and compare the developed models with existing ones (Table 1), the F1 measure is used along with the exact match for QA.

**Table 1.** The results of the models' evaluation

Models	F1	EM	F1 ru	F1 uk	F1 en
Ranking: Laser-XGBoost	0.809	-	0.82	0.812	<b>0.796</b>
Ranking: BertForRanking	<b>0.875</b>	-	<b>0.93</b>	0.917	0.784
Ranking: DistilBertForRanking	0.865	-	0.928	<b>0.944</b>	0.732
QA: BertForQA	<b>0.891</b>	<b>0.813</b>	<b>0.905</b>	<b>0.921</b>	0.875
QA: DistilBertForQA	0.824	0.68	0.83	0.815	0.817
QA: deeppavlov-squad-bert	0.885	0.809	0.89	0.885	<b>0.88</b>
Intent detection: BertForID	<b>0.996</b>	-	<b>0.997</b>	<b>0.995</b>	<b>0.996</b>
Intent detection: DistilBertForID	0.993	-	0.995	0.993	0.991
NER: BertForNER	0.875	-	<b>0.892</b>	0.862	0.869
NER: deeppavlov-ner-mult	<b>0.886</b>	-	0.89	0.858	<b>0.909</b>

**Conclusions.** This material provides a development procedure of a natural language processing service for a digital assistant system. The proposed extended knowledge distillation method demonstrates a 2-3 times increase in inference performance and the method of open-domain question answering solves the problem of paraphrasing and multilingualism.

### References

1. Zhou, L., Shaikh, M., Zhang, D.: Natural Language Interface to Mobile Devices. Intelligent Information Processing II. IIP 2004, vol 163.
2. Devlin, J., Ming-Wei, C., Kenton, L., Toutanova, K.: BERT: Pretraining of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding (2018). arXiv:1810.04805v2.
3. Tang, R., Lu Y., Liu, L., Mou, L., Vechtomova O., Lin, J.: Distilling Task-Specific Knowledge from BERT into Simple Neural Networks (2019). arXiv:1903.12136.
4. Syromiatnikov M., Tsurcan O., Ruvinskaya V.: Multilingual open-domain question answering model. Modern Informational Technologies: Proceedings of the tenth international conference of young scientists, pp. 148-149 (2020).

UDC: 681.518

**ABOUT THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE THRESHOLD  
VALUES OF THE CHARACTERISTICS OF STABILITY QUALITIES**

**Valyaev A.V.** <sup>[0000-0002-0446-6073]</sup>, **Klyuchev A.G.** <sup>[0000-0003-0736-5785]</sup>,  
**Ph.D. Lukina E.A.** <sup>[0000-0002-3834-2396]</sup>, **Dr.Sci. Fedosenko Yu.S.** <sup>[0000-0002-9434-4386]</sup>  
*E-mail: wav-dk@mail.ru*

**Abstract.** An algorithm for determining threshold values of changes in stability characteristics is considered. The algorithm was developed for use in the software implementation of an information digital system for supporting decision-making on the use of standard rescue equipment by the captain in the event of a threat of flooding and overturning of a river displacement vessel.

**Keywords:** Decision support system, an overturning of the vessel, curves of the intensity of changes in the threshold values of the stability characteristics of the vessel.

To assess the danger of the vessel capsizing, it is proposed to analyze the curves of the intensity of changes in stability characteristics over time [1]. The curves are constructed according to the results of determining the threshold values of the stability characteristics, calculated with a certain time step during the operation of the vessel.

The points on the static stability diagrams (hereinafter DSO), which determine the end of the straight section of the ascending branch (point "A") and the maximum (point "B"), are taken as threshold values.

Theoretically, point "A" defines the end of the straight-line section of the ascending branch of the DSO and can be determined from the graph of the first derivative of the DSO, as the end of the first horizontal section of the graph of the first derivative. However, as studies of the dynamics and analysis of the buoyancy and stability of a vessel in service show, the ascending branch of river displacement vessels is not always mathematically linear [2]. In this regard, it is proposed to determine the point "A" by examining the first derivative of the DSO as follows: differentiate the diagram by the roll angle, find the relative changes in subsequent values to the previous ones at each step, check the condition that the values of relative values deviate by more than 5% as evidence of passing point "A" in the previous step.

This condition is written in the algorithm as follows:



$$\text{if } \left| \frac{h_{\theta_{i+1}}}{h_{\theta_i}} - 1 \right| > 0,05: h_{\theta_{i-1}} \rightarrow A, \quad (1)$$

где  $h_{\theta}$  – metacentric height, meters.

Point "B", as the largest ordinate of the DSO, corresponds to the limiting heeling moment, the static application of which does not yet cause the vessel to overturn. After passing this point, the descending branch of the DSO begins, corresponding to the zone of unstable equilibrium of the vessel, i.e. the actual loss of stability due to the static application of the heeling moment. "B" is the critical point of the DSO, where the first-order derivatives vanish. Geometrically, this means that the tangent to the graph of the function is horizontal. This condition is written as follows:

$$\text{if } l_i = l_{max}: l_i \rightarrow B \quad (2)$$

$l$  – shoulder of static stability, meters, or

$$\text{if } h_{\theta_{i+1}} < 0: h_{\theta_i} \rightarrow B.$$

The described operation is performed discretely with a certain time step. For each step, DSO is adjusted, threshold values are determined (points "A" and "B"). Thus, an ensemble of DSOs with certain threshold values is obtained. By tracking the change in threshold values for each subsequent DSO, graphical curves of the change in threshold values can be obtained. And by rearranging these curves as a function of time (for which each DSO is built), to obtain the curves of the intensity of changes in the threshold values of the stability characteristics of the vessel. By comparing the data from the study of the dynamics of ship wreckage with the results of plotting the curves of threshold values of changes in stability characteristics, the following was established: the achievement of the stability characteristics of the value corresponding to point "A" is a prerequisite for approaching the onset of a transient accident or the end stage of a prolonged accident. The moment of reaching the actual heel angle of the value of point "B" is the moment of death of the vessel. This confirms the consistency with the theoretical substantiation [2] of using the characteristic points of the static stability diagrams as a tool for determining the change in the character of the ship's stability in dynamics. The results obtained are also consistent with the conclusions about the qualitative determination of the stages of loss of stability by the ship, depending on the numerical values of the roll angles [3], based on the physical meaning of the DSO. The work is carried out with the financial support of the Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises.

### References

1. Alexander B. Vaganov, Alexander V. Valyaev, Evgenia A. Lukina, Alina I. Samosyuk, Yury S. Fedosenko, Dynamics of displacement vessel tipping during flooding and action of inclining moment, Marine intellectual technologies №1 part 1, 2020 doi:0.37220/MIT.2020.47.1.055
2. A.V. Valyaev, E.A. Lukina, Yu.S. Fedosenko, Vessel dynamics modelling for a decision support system in the threat of rapid flooding, Journal of Physics: Conference Series 1864 (2021) 012152 IOP Publishing doi: 10.1088/1742-6596/1864/1/012152
3. Ershov A., The ways of survival of people in sea and river accidents, Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova 8(36) (2016): С. 15–22 doi:10.21821/2309-5180-2016-8-4-15-22

УДК 004

### АНАЛІЗ ВИДІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМИ

К.т.н. Отрадська Т.В. <sup>[0000-0002-5808-5647]</sup>, Отрадський Б.О. <sup>[0000-0030-4674-6855]</sup>  
E-mail: tv\_61@ukr.net, bebriuser@gmail.com

### TYPES AND METHODS OF RESEARCH EFFICIENCY ADVERTISING Ph.D. Otradska T.V., Otradsky B.O.

**Анотація.** Наведений опис тенденцій сучасної реклами та запропонована розробка інформаційної системи дослідження ефективності різних видів реклами.

**Ключові слова:** дослідження реклами, ефективність реклами, види реклами

**Abstract.** The description of tendencies of modern advertising is resulted and development of the information system of research of efficiency of various kinds of advertising is offered.

**Keywords:** advertising research, advertising efficiency, types of advertising

Реклама сьогодні є найважливішою ланкою підприємницької діяльності. Від ефективності реклами залежать не тільки безпосередньо

продажі товарів або послуг, створення сприятливого іміджу серед покупців та робітників, але і можливості подальшого розвитку.

Сьогодні види реклами поступово змінюються від усного спілкування та паперової інформації в галузь цифрових технологій, а саме розсилки електронної пошти, соціальні мережі, банери на сайтах, sms, методи пошукових систем та інші. Також залишається ефективною і телевізійна реклама [1]. Особливо це застосовується сучасною молоддю, яка є основним покупцем товарів та послуг. І саме вони є основними споживачами, наприклад, освітніх послуг.

З усієї безлічі видів реклами необхідно виділити саме ті, які найбільш ефективні для даного виду діяльності. Для цього необхідно постійно проводити цільові дослідження. Методи дослідження, які використовувалися в минулому, такі як поштові розсилки, листівки, паперові анкети і телефонні опитування є застарілими та не ефективними для сьогодення. Так як рекламні засоби сьогодні все більше використовують цифрові технології та комп'ютерні мережі, то необхідно розробляти та використовувати нові цифрові засоби дослідження ефективності реклами. Деякі компанії вже використовують свої інтернет ресурси для дослідження. Наприклад, компанія Google проводить дослідження ефективності різних видів реклами на YouTube и в контекстно-медійній мережі Google (КМС) [2], в яких визначається знижка витрат на рекламу від 20 до 39%, а доля конверсій від такої реклами 18%.

Але для дослідження реклами можна розробляти спеціалізовані інформаційні системи, які дозволять з використанням сучасних цифрових технологій виконувати дослідження без великих затрат, регулярно і швидко. Така інформаційна система повинна мати наступні можливості: зручний та швидкий доступ респондентів до опитування, гнучка система створення, редагування, збереження та огляду опитувань, наочна інформація результатів опитування.

Достовірність результатів опитування є важливою частиною дослідження реклами. Тому за результатами опитування необхідно виконувати обробку результатів з використанням методів обробки експертних оцінок [3]. Таких методів є багато, але необхідно виділити частину з них, які можна використовувати для автоматизованої обробки великої кількості результатів оцінки реклами невідомими респондентами. Також можна відмітити, що така обробка буде виконуватися у декілька етапів:

1. Визначення компетентності респондентів (рангів).
2. Розрахунок та обрання достатньої кількості респондентів.

3. Розрахунок середньо-вагової оцінки методів реклами.
4. Аналіз узгодженості оцінок респондентів.
5. Розрахунок значущості оцінок респондентів.

Створена таким чином система автоматизує не тільки збір інформації, але й обробку і формування аналітичних звітів, що забезпечить швидкий та ефективний засіб дослідження рекламних проєктів.

### Література

1. Литовчин Ю.М. Ведущие парадигмы исследования режиссуры телевизионной рекламы / Ю.М. Литовчин. – СПб.: Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М.А. Литовчина, 2016. – 345 с.
2. Исследования эффективности рекламы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/ru-ru/insights-trends/ad-effectiveness-research/>.
3. Писарева О.М. Методы социально-экономического прогнозирования / О.М. Писарева. – М.: ГУУ - НФПК, 2013. – 331 с.

УДК 517.955:519.673

### MATHEMATICAL MODELING OF THE WATER PURIFICATION PROCESS TAKING INTO ACCOUNT THE INVERSE EFFECTS

**Dr.Sci. Andrii Safonyk**<sup>1</sup> [0000-0002-5020-9051],

**Ph.D. Olena Prysiazhniuk**<sup>1</sup> [0000-0003-0003-3518],

**Ph.D. Nataliia Zhukovska** [0000-0001-7839-0684], **Ihor Ilkiv** [0000-0002-6736-8964],

**Dr.Sci. Volodymyr Lytvynenko** [0000-0002-1536-5542]

*E-mail: a.p.safonyk@nuwm.edu.ua*

**Abstract.** The problem of considering the inverse effect of process characteristics (liquid concentration and sediment contamination) on the environment characteristics (porosity, filtration, diffusion, mass transfer, etc.) on the example of liquid purification in magnetic and sorption filters has been solved. An algorithm for numerical-asymptotic approximation of the corresponding model problem which is described by a system of non-linear singularly perturbed differential equations of the type "convection-diffusion-mass transfer" has been obtained. On this basis, a corresponding computer experiment was conducted, the results of which show the proposed model

advantages in comparison with classical.

**Keywords:** filtering, reverse effect, multicomponent concentration, asymptotic solutions

An actual problem in the realm of water supply and drainage is the development of water treatment systems, namely the modeling of these systems. The analysis of research results conducted in [1-4] indicates the presence of complex structure interdependencies of different factors, which determine the filtration processes and filtration through porous media, which were not taken into account in the "traditional" (classical, phenomenological) models of such systems. The filtration process on sorption filters does not require a closed system, so the filtration rate is not a constant value and, as a rule, the rate changes along the filter over time. To simplify the calculations, we will assume that the concentration of pollution is one-component. It is also necessary to take into account the inverse effect on the porosity and coefficients that characterize the deposition of dirt particles and detachment of sediment particles [4] and longitudinal diffusion. The pollution concentration is multicomponent. Appropriate filtering process taking into account the process characteristics feedback (liquid and sludge contamination concentrations) on environmental characteristics (porosity coefficients, filtration, diffusion, mass transfer, etc.) is described by the following system of interconnected differential equations:

$$\begin{cases} \frac{\partial(\sigma(x,t)c(x,t))}{\partial t} + \frac{\partial\rho(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial(v(x,t)c(x,t))}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \\ \frac{\partial\rho(x,t)}{\partial t} = \beta(\rho)c(x,t) - \varepsilon\alpha(\rho)\rho(x,t) + D_* \frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2}, \end{cases} \quad (1)$$

$$c|_{x=0} = c_*(t), \quad c|_{t=0} = 0, \quad \rho|_{x=0} = 0, \quad \rho|_{t=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=L} = 0, \quad \left. \frac{\partial \rho}{\partial x} \right|_{x=L} = 0,$$

The solutions of system (1) under conditions (2) are sought similarly to the general problem in the form of asymptotic series (see [3]).

We give the calculation results for  $c_*(t) = 170 \text{ mg/l}$ ,  $L = 0.8 \text{ m}$ ,  
 $\beta_0 = 0.3 \text{ s}^{-1}$ ,  $\alpha_0 = 0.0056 \text{ s}^{-1}$ ,  $\sigma_0 = 0.5$ ,  $\alpha_* = 1$ ,  $\beta_* = 1$ ,  $\sigma_* = 1$ ,

$b = b_* = 1, \varepsilon = 0.001.$

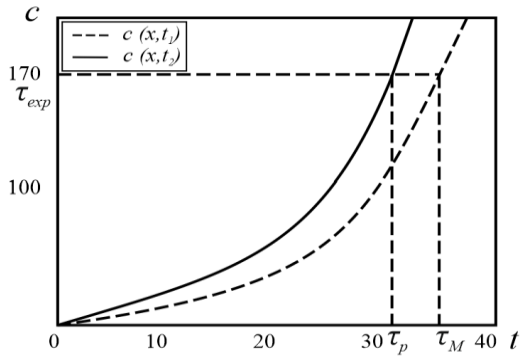


Fig.re 1. Impurity concentration distribution at the filter output during the protective action time: 1 - according to the Mintz model; 2 - according to obtained formulas when  $d = 0.78 \text{ mm}$ ,  $v = 10 \text{ m/h}$ ,  $\tau_{\text{exp}} = 26.1 \text{ h}$ ,  $\tau_p = 32 \text{ h}$ ,

$$\tau_M = 38 \text{ h}$$

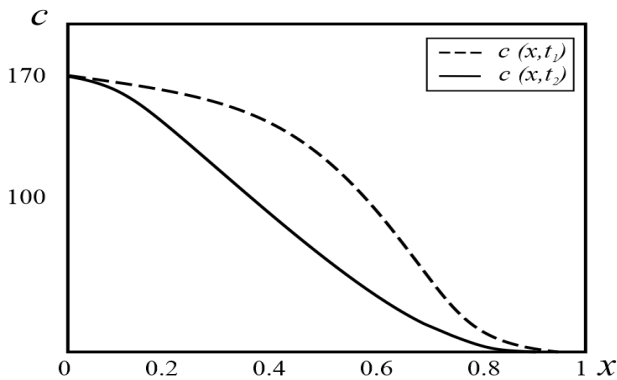


Fig.re 2. Impurity concentration distribution along the filter at time  $t = 26 \text{ h}$ : 1 - according to the Mintz model; 2 - according to obtained formulas, when  $d = 0.78 \text{ mm}$ ,  $v = 10 \text{ m/h}$

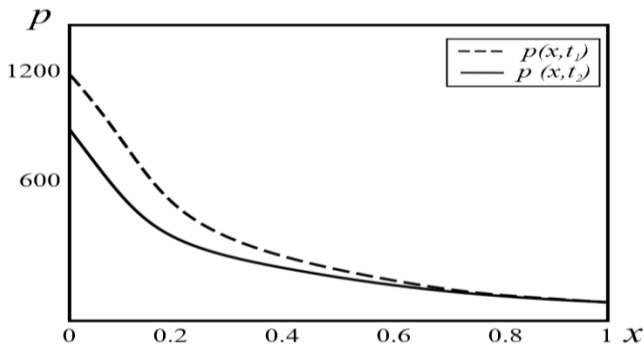


Fig. 3. Sludge concentration distribution along the filter at time  $t = 26$  h: 1 – according to the Mintz model; 2 – according to obtained formulas when  $d = 0.78$  mm,  $v = 10$  m/h

The received calculation formulas give the ability to calculate dynamics of the concentration advance of pollution and a deposit along the filter.

### References

1. Yu. Skolubovich, A. Skolubovich, D. Volkov, T. Krasnova, E. Gogina, The mathematical model of environmental waters purification, Journal of Physics: Conference Series, vol.1425 (2019) 1-6. doi: 10.1088/1742-6596/1425/1/012136.
2. B. Ksenofontov, Models of complex process of water purification, AIP Conference Proceedings 2195(1) (2019). doi: 10.1063/1.5140154.
3. A. Safonyk, V. Garashchenko, O. Garashchenko, Mathematical modelling process of liquid filtration taking into account reverse influence of process characteristics on medium characteristics, International Journal of Applied Mathematical Research 33(1) (2020) 50-58.
4. A. Safonyk, S. Martynov, S. Kynytskyi, Modeling of the contact removal of iron from groundwater, International Journal of Applied Mathematics 32(1) (2019) 71-82. doi: 10.12732/ijam.v32i1.7.

*Научное издание*

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И  
ТЕХНОЛОГИИ (ИУСТ ОДЕССА — 2021)**

Материалы

**X Міжнародной научно-практической конференции**

23–25 сентября 2021 г. Одесса

Ответственный редактор

*В. В. Вычужанин*

---

Формат 60 × 84 / 16. Ус. печат. листов.

Тираж 100 экз.. Зам № 115 (18).

Издательство и типография.....