

THEORETICAL AND SCIENTIFIC FOUNDATIONS IN RESEARCH IN ENGINEERING

Collective monograph

ISBN 978-1-68564-501-4

DOI 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1

BOSTON(USA)-2022

ISBN – 978-1-68564-501-4

DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1

*Theoretical and scientific
foundations in
research in Engineering*

Collective monograph

Boston 2022

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 978-1-68564-501-4

DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1

Authors – Beresjuk O., Lemeschew M., Stadnijtschuk M., Mudra A., Hnat H., Rubai R., Hnat H., Petrenko Y., Solovii L., Silnyk O., Vozniuk L., Бабенцова О., Вербовецька В., Сліпченко В., Шаламова К., Василенко О., Танірвердієв А., Заварза І., Чви́рова О., Сташенко М., Гладішев Д.Г., Гладішев Г.М., Гнесь І., Іваночко У., Баб'як В.І. Мандріченко О.Є., Демиденко Т.П., Парфенов О.Є., Савенко В., Гончаренко Т., Нестеренко І., Шатрова І., Пальчик С. Смірнова О.В., Кудрявцев П., Кудрявцев Н., Одосій Л., Міхалева М., Парашук Л., Davydenko Y., Shved A., Гурський Т.Г., Вакуленко Ю.В., Шишацький А.В., Одарущенко О.Б., Протас Н.М., Дегтярєва Л.М., Koman B., Nevliudov I., Zharikova I., Novoselov S., Nevliudova V., Dzhala R., Verbenets' B., Dzhala V., Savula R., Semeniuk O., Lys S., Yurasova O., Galyanchuk I., Oprarin S., Коменда Н., Римар Т.І., Заяць М.Ф., Slobodyanyuk N., Menchynska A., Ivaniuta A., Нікульшин В., Денисова А., Мельнік С., Андрющенко А., Височин В., Holubnyk T., Kovalskyi V., Mayik L., Navrysh B., Dubnevych M., Kozlov V., Tomashevskaya T., Гаценко С.С., Романов О.М., Сова О.Я., Журавський Ю.В., Троцько О.О., Gorbatyuk I., Terentyev O., Sviderskyi A., Dolya E., Orel V., Matsiyevska O., Pitsyshyn B., Чернець М., Корнієнко А., Makarov V., Makortetskyi M., Perov M., Kaplin M., Novytskyi I., Sigarev E., Lobanov Y., Dovzhenko O., Saiko V., Narytnyk T., Vasylyshyn V., Vasylyshyn Y.

REVIEWERS

Ivan Katerynychuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Worker of Education of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Professor of the Department of Telecommunication and Information Systems of Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine.

Kostiantyn Dolia – Doctor of Engineering, Department of automobile and transport infrastructure, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”.

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelaunch.com/>

Text Copyright © 2022 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2022 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Beresjuk O., Lemeschew M., Stadnijtschuk M., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 543 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1

TABLE OF CONTENTS

1.	ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION	
1.1	<p>Beresjuk O.¹, Lemeschew M.², Stadnijtschuk M.²</p> <p>PROGNOSE DES VOLUMENS VON GEBÄUDEABFÄLLEN</p> <p>¹ Abteilung für Lebenssicherheit und Sicherheitspädagogik, Nationale Technische Universität Vinnytsia</p> <p>² Abteilung für Bauwesen, Kommunalwirtschaft und Architektur, Nationale Technische Universität Vinnytsia</p>	13
1.2	<p>Mudra A.¹, Hnat H.¹</p> <p>THE ROLE OF URBAN FARMING FOR CREATING DEFENSIBLE SPACE</p> <p>¹ Department of Architectural Design and Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	19
1.3	<p>Rubai R.¹, Hnat H.¹, Petrenko Y.¹</p> <p>ELEMENTS OF AGRICULTURAL LANDSCAPING IN THE STRUCTURE OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND THEIR IMPACT ON DESIGN DECISIONS</p> <p>¹ Department of Architectural Design and Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	28
1.4	<p>Solovii L.¹, Silnyk O.¹</p> <p>ОСОБЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ СПІЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ В ПРАКТИЦІ ЗАРУБІЖНОГО БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛА</p> <p>¹ Department of Architectural Design and Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	40
1.5	<p>Vozniuk L.¹</p> <p>TECHNICAL MAINTENANCE OF BUILDING STRUCTURES OF TECHNOLOGICAL STRUCTURES</p> <p>¹ Department of architectural design and engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	49
1.6	<p>Бабенцова О.¹, Вербовецька В.¹, Сліпченко В.¹, Шаламова К.¹</p> <p>МЕХАНІЗМИ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНА-СЕРЕДОВИЩЕ</p> <p>¹ Кафедра Дизайну архітектурного середовища, Одеської державної академії будівництва та архітектури</p>	57

1.7	Василенко О. ¹ , Танірвердієв А. ¹ , Заварза І. ¹ , Чвирова О. ¹ , Стащенко М. ¹ АРХІТЕКТУРНА ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОВИХ ЗАСОБІВ ¹ Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Department of architect design	65
1.8	Гладишев Д.Г. ¹ , Гладишев Г.М. ¹ ВАРІАНТ ПІДСИЛЕННЯ МЕТАЛО-ДЕРЕВ'ЯНИХ ФЕРМ ІЗ ПОДАЛЬШИМ УЛАШТУВАННЯ ПІДВІСНОЇ СТЕЛІ ¹ Національний університет «Львівська політехніка»	72
1.9	Гладишев Д.Г. ¹ , Гладишев Г.М. ¹ ВАРІАНТ ПІДСИЛЕННЯ ПЛИТ ПОКРИТТЯ ЗБІРНИХ ШВИДКОМОНТОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ¹ Національний університет «Львівська політехніка»	81
1.10	Гнесь І. ¹ , Іваночко У. ¹ АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНО КОМФОРТНОГО ЖИТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА: ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ МІСЬКИХ ОРГАНІВ ВЛАДИ ¹ Кафедра архітектурного проектування та інженерії, Національний університет «Львівська політехніка»	89
1.11	Гнесь І.П. ¹ , Баб'як В.І. ¹ АНАЛІЗ ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИБУДИНКОВИХ ПРОСТОРІВ В ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСАХ ¹ Кафедра архітектурного проектування та інженерії Інститут Архітектури та дизайну Національний Університет «Львівська політехніка»	103
1.12	Мандріченко О.Є. ¹ , Демиденко Т.П. ¹ , Парфенов О.Є. ¹ ПРОЄКТУВАННЯ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ REVIT ¹ Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова	111

1.13	Савенко В. ¹ , Гончаренко Т. ¹ , Нестеренко І. ¹ , Шатрова І. ¹ , Пальчик С. ¹ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ СІТЬОВИХ ГРАФІКІВ В БУДІВНИЦТВІ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ¹ Київський національний університет будівництва і архітектури	118
1.14	Смірнова О.В. ¹ ФОРМУВАННЯ МАЛИХ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЇ В СТРУКТУРІ СУЧАСНОГО МІСТА ¹ Кафедра архітектури будівель і споруд та дизайну архітектурного середовища, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова	138
2. CHEMICAL TECHNOLOGY		
2.1	Кудрявцев П. ¹ , Кудрявцев Н. ¹ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АЛЮМИНИЙ- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОАГУЛЯНТОВ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ РЕЧНЫХ ВОД И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ¹ KUD Industries PN Ltd - Israel Technology Research Center	146
2.1.1	ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	149
2.1.2	МЕТОДИКИ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	152
2.1.2.1	ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	152
2.1.2.3	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗЫ КОАГУЛЯНТА ИЛИ ФЛОКУЛЯНТА ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ	156
2.1.2.4	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗЫ ФЛОКУЛЯНТА ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ С КОАГУЛЯНТОМ	157
2.1.3	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	157
2.1.3.1	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ФКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД	157
2.1.3.2	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ФКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД	164
2.1.4	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ФКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ РЕЧНЫХ ВОД И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД	167

2.1.4.1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	167
2.1.4.2	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ	168
2.1.4.3	ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ДОЗИРОВАНИЕ РАСТВОРОВ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ФКФК	168
2.1.4.4	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ФКФК	169
2.2	Кудрявцев П. ¹ , Кудрявцев Н. ¹ ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ АЛЮМО- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КОАГУЛЯНТОВ-ФЛОКУЛЯНТОВ МАРКИ АКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД И СТОЧНЫХ ВОД ¹ KUD Industries PN Ltd - Israel Technology Research Center	173
2.2.1	ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	176
2.2.2	МЕТОДИКИ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	176
2.2.2.1	ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ	177
2.2.3	СРАВНЕНИЕ КОАГУЛЯЦИОННО-ФЛОКУЛЯЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ АКФК И СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЕВЫХ СОЛЕЙ	178
2.2.4	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ЖКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД	181
2.2.5	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ АКФК И ЖКФК ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	187
2.3	Одосій Л. ¹ , Міхалева М. ¹ , Паращук Л. ¹ ІНТЕРГАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ ПОЛЮТАНТАМИ, УТВОРЕНИМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВІЙСЬКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ¹ Кафедра електромеханіки та електроніки, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного	190
3.	COMPUTER SCIENCE	
3.1	Davydenko Y. ¹ , Shved A. ¹ INFORMATION TECHNOLOGY OF SUPPORT MANAGEMENT DECISION MAKING OF HIERARCHICAL ORGANIZATIONAL STRUCTURE CHOICE UNDER UNCERTAINTY ¹ Department of Software Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine	204

3.1.1	MODELING THE PROCEDURE FOR INCREASING THE NUMBER OF SUBORDINATES IN OS	207
3.1.2	MODELING THE PROCEDURE FOR THE HIERARCHY INTEGRATION (AGGREGATION)	208
3.1.3	MODELING THE PROCEDURE FOR THE AGGREGATION OF HIERARCHY WITH A REDUCTION ITS COMPONENTS	210
3.2	Гурський Т.Г. ¹ , Вакуленко Ю.В. ² , Шишацький А.В. ³ МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ ¹ Кафедра телекомунікаційних систем та мереж, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, м. Київ, Україна ² Кафедра інформаційних систем і технологій, Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна ³ Науково-дослідний відділ розвитку засобів радіоелектронної боротьби, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна	224
3.3	Шишацький А.В. ¹ , Одарущенко О.Б. ² , Протас Н.М. ² , Дегтярьова Л.М. ² МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ¹ Науково-дослідний відділ розвитку засобів радіоелектронної боротьби, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна ² Кафедра інформаційних систем і технологій, Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна	241
3.3.1	АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ	242
3.3.2	РОЗРОБКА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	256
4.	ELECTRICAL ENGINEERING	
4.1	Koman B. ¹ THE MECHANISM OF THERMOACTIVATED DISLOCATION MOTION IN INTRINSICALLY DEFECTIVE SEMICONDUCTOR CRYSTALS ¹ Department of System Design technology, Lviv National Ivan Franko University	270
4.2	Nevliudov I. ¹ , Zharikova I. ¹ , Novoselov S. ¹ , Nevliudova V. ¹ DETERMINATION OF DESTRUCTION CONDITIONS FOR SUBSTRATES OF FLEXIBLE PRINTED STRUCTURES ¹ Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Mechatronics, Kharkiv National University of Radio Electronics	280

4.3	Dzhala R. ¹ , Verbenets' B. ¹ , Dzhala V. ¹ , Savula R. ² , Semeniuk O. ¹ INTENSIFICATION OF MAIN PIPELINES DIAGNOSTICS WITH NON-CONTACT CURRENT MEASUREMENTS ¹ Karpenko Physico-Mechanical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, ² Bibrka Line Production Department of the Gas Transmission System Operator of Ukraine	288
4.3.1	АКТУАЛЬНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ	288
4.3.2	АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ КОРОЗІЇ ТРУБОПРОВОДІВ	289
4.3.3	БЕЗКООНТАКТНІ ВИМІРЮВАННЯ СТРУМІВ (БВС) ПТ	290
4.3.4	ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗКООНТАКТНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ПТ	292
4.3.5	ВИСНОВКИ	294
5.	ENERGY AND ENERGY ENGINEERING AND TECHNOLOGIES	
5.1	Lys S. ¹ , Yurasova O. ¹ , Galyanchuk I. ¹ ANALYSIS OF SAFETY CRITERION MADE ON FUEL ROD STATE IN DESIGN BASIS ACCIDENTS, LIMITING EMBRITTLEMENT OF FUEL CLADDING MATERIAL ¹ Department of Heat Engineering and Thermal and Nuclear Power Plants, Lviv Polytechnic National University	296
5.2	Oparin S. ¹ METHODS FOR CALCULATING THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE GASIFICATION OF CARBONCONTAINING SUBSTANCES ¹ Department of vibro-pneumotransport systems and complexes, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine	307
5.3	Коменда Н. ¹ МОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА НЕРІВНОМІРНОСТІ ГРАФІКА ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ¹ Луцький національний технічний університет	316

5.4	Римар Т.І. ¹ , Заяць М.Ф. ¹ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕНЕСЕННЯ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА У РЕГЕНЕРАТИВНОМУ ПОВІТРОПІДГРІВНИКУ ТИПУ РПП-54М2 ПІСЛЯ ЙОГО МОДЕРНІЗАЦІЇ ¹ Кафедра теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій, Національний університет «Львівська політехніка»	332
6. FOOD TECHNOLOGY		
6.1	Slobodyanyuk N. ¹ , Menchynska A. ¹ , Ivaniuta A. ¹ DEVELOPMENT OF COMPLETE SCHOOL NUTRITION WITH THE USE OF CATERING APPROACH ¹ Department of technology of meat, fish and marine products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine	341
6.2	Нікульшин В. ¹ , Денисова А. ¹ , Мельнік С. ¹ , Андрющенко А. ¹ , Височин В. ¹ ОПТИМІЗАЦІЯ ОКРЕМИХ СТУПЕНІВ ВИПАРКИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА ¹ Українське - польський інститут, Державний університет Одеська політехніка	357
7. INFORMATION TECHNOLOGIES		
7.1	Holubnyk T. ¹ , Kovalskyi B. ¹ , Mayik L. ¹ , Havrysh B. ² , Dubnevych M. ¹ FEATURES OF THE PITSTOP MODULE AS A TOOL OF INFORMATION TECHNOLOGIES ¹ Media technologies and publishing and graphic systems, Ukrainian Academy of Printing ² Department of Publishing Information Technologies, Lviv Polytechnic National University	366
7.2	Kozlov V. ¹ , Tomashevskaya T. ¹ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ ЗВ'ЯЗНИХ РЕСУРСІВ ¹ Department of Computer Science and Information Technology, State University of Trade and Economics, Kyiv	373

7.3	<p>Гаценко С.С.¹, Романов О.М.², Шишацький А.В.³</p> <p>МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ УГРУПОВАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ)</p> <p>¹ Кафедра розвідки, Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, Україна</p> <p>² Управління військової частини, Військова частина А¹⁹⁶, м. Київ, Україна</p> <p>³ Науково-дослідний відділ розвитку засобів радіоелектронної боротьби, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна</p>	384
7.4	<p>Шишацький А.В.¹, Сова О.Я.², Журавський Ю.В.³, Троцько О.О.²</p> <p>МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ</p> <p>¹ Науково-дослідний відділ розвитку засобів радіоелектронної боротьби, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна</p> <p>² Кафедра автоматизованих систем управління, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, м. Київ, Україна</p> <p>³ Кафедра електротехніки та електроніки, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, м. Житомир, Україна</p>	408
8. MECHANICAL ENGINEERING		
8.1	<p>Gorbatyuk I.¹, Terentyev O.², Sviderskyi A.³, Dolya E.²</p> <p>PURPOSE AND REQUIREMENTS FOR DEEP DISINTEGRATION OF LOCAL ACTION</p> <p>¹ Department of Construction Machinery, Kyiv National University of Construction and Architecture</p> <p>² Department of Information technologies of design and applied mathematics, Kyiv National University of Construction and Architecture</p> <p>³ Department of Vehicles and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture</p>	437
8.2	<p>Orel V.¹, Matsiyevska O.¹, Pitsyshyn B.¹</p> <p>CONTROL OF FLOW RATE RATIO IN PIPELINES BY INTRODUCING DRAG-REDUCING POLYMERS INTO STREAM</p> <p>¹ Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	444

8.3	Чернець М. ¹ , Корнієнко А. ¹ ТРИБОЛОГІЧНА ПОВЕДІНКА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ¹ Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів, Національний авіаційний університет	451
9.	METALLURGY AND ENERGY	
9.1	Makarov V. ¹ , Makortetskyi M. ¹ , Perov M. ¹ , Kaplin M. ¹ , Novytskyi I. ¹ MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF COAL PRODUCTION FOR ENERGY AND ECONOMY OF THE COUNTRY ¹ Institute of General Energy of NAS of Ukraine, Kyiv	463
9.2	Sigarev E. ¹ , Lobanov Y. ¹ , Dovzhenko O. ¹ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ШЛАКОВОГО ГАРНІСАЖУ ¹ Department of metallurgy, Dniprovsk State Technical University	470
10.	TRANSPORT AND COMMUNICATIONS, SHIPBUILDING	
10.1	Saiko V. ¹ , Narytnyk T. ² HIGH-RELIABILITY 5G / IOT MOBILE COMMUNICATION METHOD WHEN USING THE TERAHERTZ WAVELENGTH RANGE ¹ Dept. of Applied Information Systems, Taras Shevchenko National University of Kyiv ² Institute of Electronics and Communication of the Ukrainian Academy of Sciences	477
10.2	Vasylyshyn V. ¹ , Vasylyshyn Y. ¹ DISTANCE AND CORRESPONDENCE LEARNING OF THE SUBJECT "DESCRIPTIVE GEOMETRY. ENGINEERING AND COMPUTER GRAPHICS "FOR STUDENTS OF THE SPECIALTY "AUTOMOBILE TRANSPORT" ¹ Ivano-Frankivsk National Technical University oil and gas, Ukraine, Ivano- Frankivsk	498
	REFERENCES	505

3.3 Методологічні засади навчання штучних нейронних мереж в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень

Вступ

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) активно використовуються в усіх сферах життєдіяльності людей. Особливого поширення вони отримали при обробці великих масивів даних, забезпечення інформаційної підтримки процесу прийняття рішень особами, що приймають рішення. Проведений аналіз відомих наукових досліджень [192-201] свідчить про те, що на даний час основою існуючих СППР становлять методи штучного інтелекту.

Створення інтелектуальних СППР стало природним продовженням широкого застосування СППР класичного типу. Інтелектуальні СППР забезпечують інформаційну підтримку всіх виробничих процесів і служб підприємств (організацій, установ), включаючи проектування, виготовлення і збут продукції, фінансово-економічний аналіз, планування, управління персоналом, маркетинг, супровід створення (експлуатації, ремонту) виробів та перспективне планування. Також зазначені інтелектуальні СППР знайшли широке використання для вирішення специфічних завдань військового призначення, а саме [192, 193]: планування розгортання, експлуатації систем зв'язку та передачі даних; автоматизація управління військами та зброєю; збір, обробка та узагальнення розвідувальних відомостей про стан об'єктів розвідки та інш.

Основним інструментом для вирішення розрахункових та інших завдань в сучасних інтелектуальних СППР є штучні нейронні мережі (ШНМ), що еволюціонують. ШНМ, що еволюціонують мають як універсальні апроксимуючі властивості, так і можливості нечіткого виводу. Вони одержали широке поширення для розв'язку різних завдань інтелектуального аналізу даних, ідентифікації, емуляції, прогнозування, інтелектуального управління та т.п. ШНМ, що еволюціонують забезпечують стабільну роботу в умовах нелінійності, невизначеності, стохастичності та хаотичності, різного роду збурювань і завад.

Незважаючи на досить успішне їхнє застосування для розв'язку широкого кола завдань інтелектуального аналізу даних, ці системи мають ряд недоліків, пов'язаних з їхнім використанням.

Серед найбільш істотних недоліків можна виділити такі:

1. Складність вибору архітектури системи. Як правило, модель, заснована на принципах обчислювального інтелекту, має фіксовану архітектуру. У контексті ШНМ це означає, що нейронна мережа має фіксовану кількість нейронів і зв'язків. У зв'язку із цим, адаптація системи до нових даних, що надходять на обробку, що мають відмінну від попередніх даних природу, може виявитися проблематичним.

2. Навчання в пакетному режимі та навчання протягом декількох епох вимагає значних часових ресурсів. Такі системи не є пристосовані для роботи в online режимі з досить високим темпом надходження нових даних на обробку.

3. Багато з існуючих систем обчислювального інтелекту не можуть визначати правила, що еволюціонують, по яких відбувається розвиток системи, а також можуть представляти результати своєї роботи в термінах природньої мови. Таким чином, актуальним є завдання розробки нових методів навчання для ШНМ, які дозволять вирішити зазначені труднощі.

3.3.1 Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В роботі [194] проведено аналіз властивостей ШНМ, які використовувалися при прогнозуванні концентрації забруднюючих речовин повітря. В роботі акцентувалася увага на те, що ШНМ мають низьку швидкість конвергенції та локальний мінімум. Запропоновано використання екстремальної навчальної машини для ШНМ, що забезпечує високу ефективність узагальнення при надзвичайно високій швидкості навчання. До недоліків зазначеного підходу слід віднести накопичення помилок ШНМ в ході проведення обчислень, неможливість вибору параметрів та типу функції належності.

В роботі [196] наведено оперативний підхід з просторового аналізу в морській галузі для кількісної оцінки та відображення супутніх екосистемних послуг. Такий підхід охоплює тривимірність морського середовища,

розглядаючи окремо всі морські області (морська поверхня, водяний стовп та морське дно). Фактично, метод будує 3-вимірні моделі моря шляхом оцінки та картографування, що пов'язані з кожним із трьох морських доменів через прийняття репрезентативних показників. До недоліків зазначеного методу слід віднести неможливість гнучкого налаштування (адаптації) оціночних моделей при додаванні (виключенні) показників і зміні їх параметрів (сумісності та значущості показників).

В роботі [197] представлена модель машинного навчання для автоматичної ідентифікації запитів та надання інформаційних служб підтримки, що обмінюються між членами інтернет-спільноти. Зазначена модель призначена для обробки великої кількості повідомлень користувачів соціальних мереж. Недоліками зазначеної моделі є відсутність механізмів оцінки адекватності рішень, що приймаються та велика обчислювальна складність.

В роботі [198] представлено використання ШНМ для виявлення аномалії серцевого ритму та інших захворювань серця. В якості методу навчання ШНМ використовується алгоритм зворотного поширення помилки. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [199] представлено використання ШНМ для виявлення сходження лавин. В якості методу навчання ШНМ використовується алгоритм зворотного поширення помилки. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [200] представлено використання ШНМ для виявлення проблем виявлення аномалій в системах домашньої авторизації. В якості методу навчання ШНМ Кохонена використовується алгоритм “переможець отримує все”. Недоліками зазначеного підходу є накопичення помилки в процесі навчання, обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [201] представлено використання ШНМ для виявлення проблем виявлення аномалій в енцефалограмі людини. В якості методу навчання ШНМ використовується метод тонкого налаштування параметрів ШНМ. Недоліками зазначеного підходу є накопичення помилки в процесі навчання, обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [203] представлено використання методів машинного навчання, а саме ШНМ та генетичних алгоритмів. В якості методу навчання ШНМ використовується генетичний алгоритм. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [204] представлено використання методів машинного навчання, а саме ШНМ та методу диференційного пошуку. В ході дослідження проведено розробку гібридного методу навчання ШНМ, що заснований на використанні алгоритму зворотного поширення помилки та диференційного пошуку. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [205] проведено розробку методів навчання ШНМ з використанням комбінованої апроксимації поверхні відгуку, який забезпечує найменші похибки навчання і прогнозування. Недоліком зазначеного методу накопичення помилки в ході навчання та неможливість зміни архітектури ШНМ в ході навчання.

В роботі [206] наведено використання ШНМ для оцінки ефективності роботи агрегату, використовуючи попередній часовий ряд його продуктивності. Для навчання ШНМ використовуються моделі SBM (Stochastic Block Model) та DEA (Data Envelopment Analysis). Недоліками зазначеного підходу є обмеженість в виборі архітектури мережі, навчання тільки синаптичних ваг.

В роботі [207] наведено використання ШНМ для оцінки геомеханічних властивостей. В якості методу навчання ШНМ використовується алгоритм зворотного поширення помилки. Покращення характеристик алгоритму зворотнього поширення помилки досягається за рахунок збільшення навчальної

вибірки. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

В роботі [208] наведено використання ШНМ для оцінки інтенсивності дорожнього руху. В якості методу навчання ШНМ використовується алгоритм зворотного поширення помилки. Покращення характеристик алгоритму зворотнього поширення помилки досягається за рахунок використання пропускових з'єднань між кожним шаром, так що кожен шар викладає лише залишкову функцію щодо результатів попереднього шару. Недоліками зазначеного підходу є його обмеженість навчанням лише синаптичних ваг, без навчання виду та параметрів функції належності.

Проведення аналізу відомих наукових праць [192–208] показав, що для навчання штучних нейронних мереж використовуються загальновідомі методи навчання. Зазначені методи орієнтовані як правило на навчання синаптичних ваг або функції належності. Використання відомих алгоритмів (методів, методик) навчання штучних нейронних мереж навіть з покращеними характеристиками не задовольняє існуючим та перспективним вимогам, що висувуються до них.

Метою дослідження є розробка алгоритму навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, яка дозволяє виконувати обробку більшої кількості інформації, при однозначності рішень, що приймаються.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання: провести постановку завдання навчання штучних нейронних мереж; провести розробку алгоритму навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень; визначити переваги та недоліки запропонованого алгоритму.

Архітектура, багат шарової нейро-фаззі системи, що еволюціонує наведена на рис. 1. складається з п'яти послідовних шарів. На вхідний (нульовий) шар нейро-фаззі системи подається $(n \times 1)$ - мірний вектор сигналів-образів $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T$ (тут $k = 1, 2, \dots$ - поточний дискретний час), що підлягають обробці.

Перший прихований шар містить nh функцій належності, $\mu_{li}(x_i), i=1,2,\dots,n; l=1,2,\dots,h$. Таким чином, для кожного входу задається h функцій належності. Перший прихований шар виконує фазифікацію вхідного простору. При цьому мається на увазі, що в процесі навчання-еволюції повинні настроюватися як власне параметри цих функцій, так і їх число: на рис. 1 – кількість вузлів першого прихованого шару μ_h .

Другий прихований шар забезпечує агрегування рівнів належності, розрахованих у першому прихованому шарі, і складається з h блоків множення.

Третій прихований шар – це шар, що настроює синаптичні ваги w_1, w_2, \dots, w_h , які підлягають визначенню в процесі контрольованого навчання.

Четвертий прихований шар утворено двома суматорами, що обчислює суми вихідних сигналів другого та третього прихованого шарів.

І, нарешті, в п'ятому (вихідному) шарі проводиться дефазифікація, у результаті якої обчислюється вихідний сигнал NFS (neuro-fuzzy system) $\hat{y}(k)$.

Таким чином, якщо на вхід нейро-фазі системи поданий векторний сигнал $x(k)$, елементи першого прихованого шару роблять його фазифікацію, обчислюючи рівні належності $0 < \mu_{li}(x_i(k)) \leq 1$. Звичайно в якості функцій належності використовуються традиційні гаусіани

$$\mu_{li}(x_i(k)) = \exp\left(-\frac{(x_i(k) - c_{li})^2}{2\sigma_i^2}\right), \quad (1)$$

де c_{li} – параметр центру l -ї функції належності i -го входу, σ_i – параметр ширини функції належності i -го входу.

Варто відзначити, що попереднє нормування даних на деякий інтервал, наприклад, $-1 \leq x_i(k) \leq 1$ дозволяє спростити розрахунки, оскільки параметри ширини σ_i можуть бути прийняті однаковими для всіх входів, тобто $\sigma_i = \sigma$.

Крім гаусіанів (1) можуть бути використані й інші ядерні функції, наприклад, В-сплайни, що відповідають умові одиничної розбивки, парні вейвлети, гнучкі функції активації-належності [209, 210] та інш.

У другому прихованому шарі обчислюються агреговані значення $\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$, при цьому для гаусіанів з однаковими параметрами ширини:

$$\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k)) = \prod_{i=1}^n \exp\left(-\frac{(x_i(k) - c_{li})^2}{2\sigma^2}\right) = \exp\left(-\frac{\|x(k) - c_l\|^2}{2\sigma^2}\right),$$

де $c_l = (c_{l1}, c_{l2}, \dots, c_{ln})^T$.

Таким чином, сигнали на виходах блоків множення другого прихованого шару аналогічні сигналам на виходах нейронів першого прихованого шару звичайних радіально-базисних нейронних мереж (RBFN – Radial basis function networks) [211]. Виходами третього прихованого шару є значення $w_l \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$, четвертого – $\sum_{l=1}^h w_l \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$ і $\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$, нарешті, на виході системи (п'ятого вихідного шару) з'являється сигнал

$$\hat{y}(x(k)) = \frac{\sum_{l=1}^h w_l \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))} = \sum_{l=1}^h w_l \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))} = \sum_{l=1}^h w_l \varphi_l(x(k)) = w^{hT} \varphi^h(x(k)),$$

де $\varphi_l(x(k)) = \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}$, $w^h = (w_1, w_2, \dots, w_h)^T$,

$$\varphi^h(x(k)) = (\varphi_1(x(k)), \varphi_2(x(k)), \dots, \varphi_h(x(k)))^T.$$

Нескладно помітити, що розглянута система реалізує нелінійне відображення вхідного простору в скалярний вихідний сигнал ($R^n \rightarrow R^1$) подібно нормалізованій RBFN [212], а по архітектурі (при фіксованому h) збігається з TSK-системою (Takagi, Sugeno, Kang'a) нульового порядку, тобто архітектурою Ванга–Менделя [213].

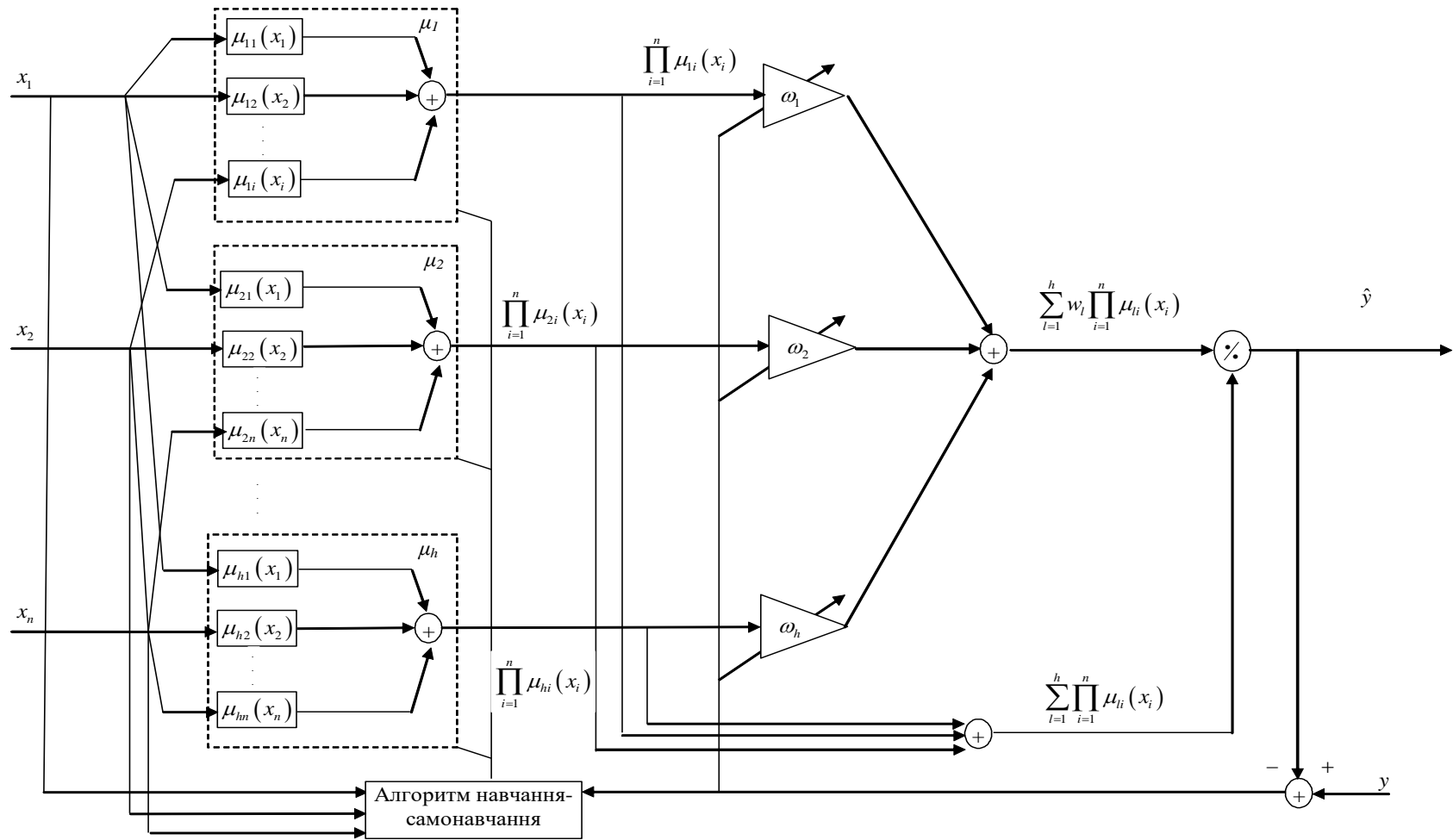


Рис. 1 Архітектура, багатoshарової нейро-фаззі системи, що еволюціонує

Для того щоб зрозуміти взаємозв'язок запропонованого алгоритму в процесі функціонування ШНМ авторами було побудовано типовий алгоритм функціонування ШНМ з алгоритмом навчання ШНМ (рис. 2).

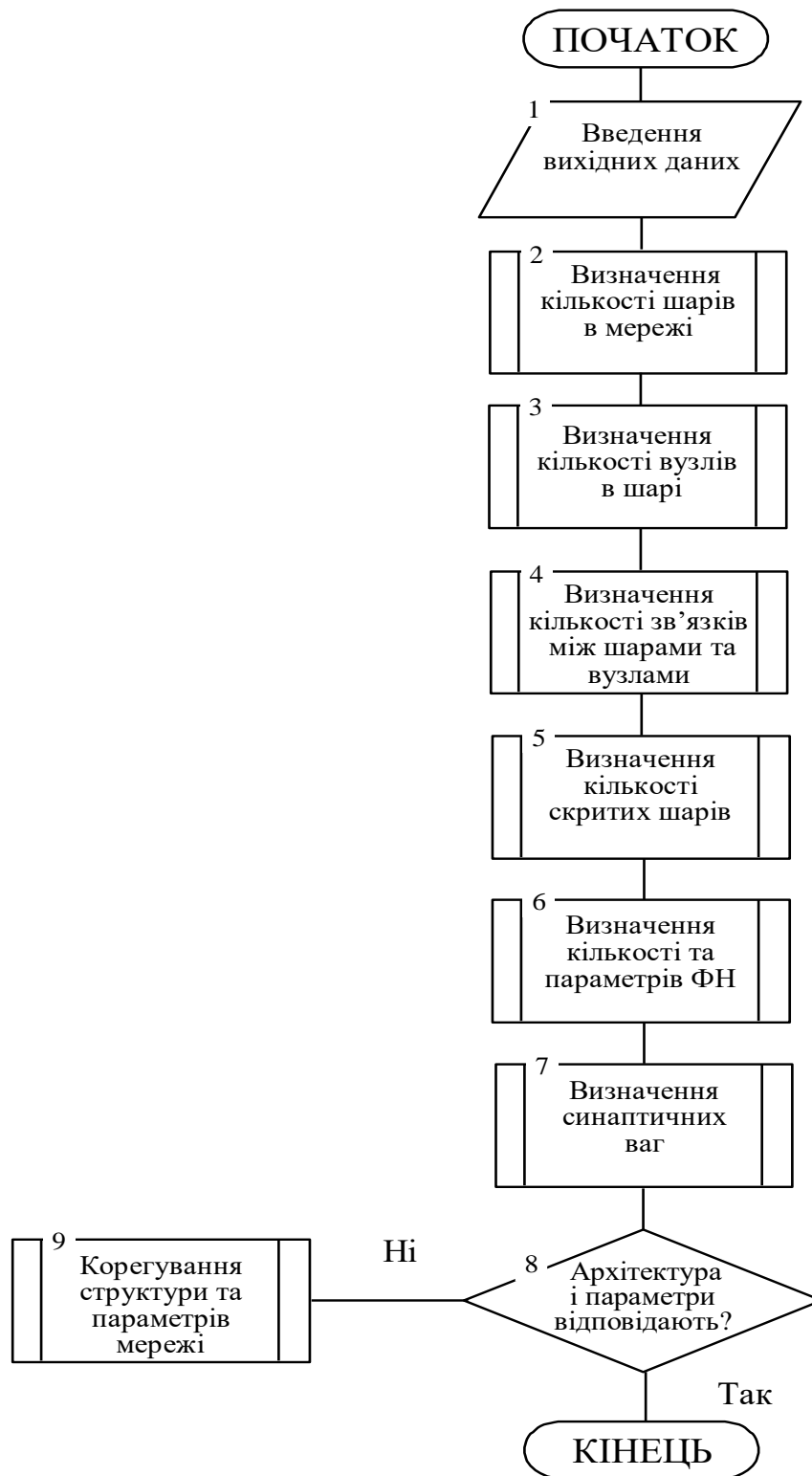


Рис. 2 Алгоритм функціонування та навчання штучної нейронної мережі, що еволюціонує

Початковим етапом є введення вихідних даних, а саме початкової архітектури та параметрів штучної нейронної мережі (етап 1-4).

Етап 1. Визначення кількості шарів в штучній нейронній мережі.

Етап 2. Визначення кількості вузлів в шарі штучної нейронної мережі.

Етап 3. Визначення кількості зв'язків між шарами та вузлами штучної нейронної мережі.

Етап 4. Визначення кількості скритих шарів штучної нейронної мережі.

Етап 5. Визначення кількості та параметрів функції належності (ФН).

Етап 6. Визначення синаптичних ваг зв'язків штучної нейронної мережі.

Етап 7. Перевірка відповідності архітектури та параметрів штучної нейронної мережі вимогам, що висуваються.

Етап 8. Прийнятті рішення на корегування архітектури та параметрів штучної нейронної мережі.

Розглянемо докладно етапи запропонованого алгоритму навчання.

Етап 5. Настроювання параметрів і кількості функцій належності.

Процес настроювання параметрів і кількості функцій належності відбувається в такий спосіб. Нехай на вхід системи, у якої в вихідному стані в першому прихованому шарі відсутні функції належності, надходить перше спостереження навчальної вибірки $x(1) = (x_1(1), x_2(1), \dots, x_n(1))^T$.

Це спостереження формує перший вузол першого прихованого шару μ_1 так, що $c_{i1}(1) = x_i(1)$. У такий спосіб створюється n функцій належності й формується єдина синаптична вага $w_1(0)$, що задається випадково в інтервалі $-1 \leq w_1(0) \leq 1$. Далі для цієї функції належності μ_1 задається радіус сусідства r , обумовлений максимально можливим числом функцій належності в NFS h . Так, якщо функції належності по осях розподілені рівномірно, то

$$r = \frac{2}{h-1}. \quad (2)$$

Далі при надходженні другого спостереження $x(2)$ проводиться перевірка умови

$$\max_i |c_{li} - x_i(2)| \leq r. \quad (3)$$

Якщо ця умова виконується, то проводиться корекція центрів функцій належності вузла μ_1 згідно із правилом

$$c_{li}(2) = c_{li}(1) + \eta(2)(x_i(2) - c_{li}(1)), \quad (4)$$

де η – параметр кроку навчання.

Таким чином, при $\eta(2) = 0,5$

$$c_{li}(2) = \frac{c_{li}(1) + x_i(2)}{2}. \quad (5)$$

У тому випадку, якщо умова (3) не виконується, то формується другий вузол μ_2 функцій належності першого прихованого шару, центри яких

$$c_{2i}(2) = x_i(2). \quad (6)$$

Одночасно з вузлом μ_2 в NFS вводиться друга синаптична вага w_2 , що також задається випадковим чином. Нехай до моменту надходження на вхід NFS спостереження $x(k)$ сформоване p вузлів функцій належності $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p, p < h$, із центрами $c_{li}(k-1), l=1, 2, \dots, p; i=1, 2, \dots, n$. Із надходженням $x(k)$ проводиться перевірка умови

$$\max_i |c_{li} - x_i(k)| \leq r \forall l=1, 2, \dots, p. \quad (7)$$

Якщо ця умова виконується, то проводиться корекція центрів функцій належності, найближчих до відповідних компонентів $x(k)$ відповідно до правила

$$c_{li}(k) = c_{li}(k-1) + \eta(k)(x_i(k) - c_{li}(k-1)). \quad (8)$$

Нескладно помітити, що (8) є не що інше, як правило самонавчання Т. Кохонена “Переможець одержує все” [214] з тою лише різницею, що самонавчання карти Кохонена реалізується на гіперсфері

$$\|x(k)\|_2 = 1, \quad (9)$$

а правило (8) – на гіперкубі

$$\|x(k)\|_\infty = 1, \quad (10)$$

У тому випадку, якщо умова (7) не виконується, у системі формується $(p+1)$ вузол ($p+1 \leq h$) із центрами функцій належності

$$c_{p+1,i}(k) = x_i(k). \quad (11)$$

Одночасно з вузлом μ_{p+1} формується синаптична вага w_{p+1} . Як видно, зазначена процедура є гібридним алгоритмом, що еволюціонує Н. Касабова [215] та карти, що самоорганізовується Т. Кохонена [214], при цьому процес еволюції архітектури-самонавчання функцій належності може відбуватися як безперервно, так і до досягнення числа функції належності. Налаштування параметрів центру й ширини функцій належності може проводитися по алгоритму із вчителем, заснованому на мінімізації цільової функції, яка, як правило, задається з використанням евклідової норми та для однієї пари навчальних даних $(x(k), y(k))$ що має вид

$$E(k) = \frac{1}{2}(y(k) - \hat{y}(k))^2 = \frac{1}{2}(y(k) - w^T \varphi(x(k)))^2. \quad (12)$$

При застосуванні методу найшвидшого спуску відповідні формули адаптації в загальному випадку для $(n \times 1)$ -мірного вектора вхідних сигналів приймає вид

$$c_{rj}(k+1) = c_{rj}(k) - \eta_c \frac{\partial E(k)}{\partial c_{rj}}, \quad (13)$$

$$\sigma_{rj}(k+1) = \sigma_{rj}(k) - \eta_\sigma \frac{\partial E(k)}{\partial \sigma_{rj}}, \quad (14)$$

де η_c – параметр кроку навчання для параметрів центру функції належності; η_σ – параметр кроку навчання для параметра ширини функції належності; $r = 1, 2, \dots, h$,
належності; $j = 1, 2, \dots, n$.

Для спрощення розрахунків похідних і прискорення обчислення значення функції належності формула адаптації параметра ширини може бути записана у вигляді

$$-0.5\sigma_{rj}^{-2}(k+1) = \sigma_{rj}(k) - \eta_\sigma \frac{\partial E(k)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})}. \quad (15)$$

При використанні в якості функцій належності традиційних гаусіанів (9) відповідні формули градієнта цільової функції (12) для однієї пари навчальних даних приймає вигляд

$$\frac{\partial E(k)}{\partial c_{rj}} = (w^T \varphi(x(k)) - (x(k))) \sum_{l=1}^h w_l \frac{\partial \varphi_l(x(k))}{\varphi c_{rj}}, \quad (16)$$

$$\frac{\partial E(k)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})} = (w^T \varphi(x(k)) - y(x(k))) \sum_{l=1}^h w_l \frac{\partial \varphi_l(x(k))}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})}, \quad (17)$$

де

$$\varphi_l(x(k)) = \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{p=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{pi}(x_i(k))}. \quad (18)$$

Похідні $\frac{\partial \varphi_l(x)}{\partial c_{rj}}$ і $\frac{\partial \varphi_l(x)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})}$, визначені на основі (9) і (18), можна записати

як

$$\frac{\partial \varphi_l(x)}{\partial c_{rj}} = \frac{\delta_{lr} m(x) - t_l(x)}{(m(x))^2} \prod_{i=1, i \neq j}^n \mu_{ri}(x_i) \frac{\partial \mu_{ri}(x_j)}{\partial c_{rj}}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial \varphi_l(x)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})} = \frac{\delta_{lr} m(x) - t_l(x)}{(m(x))^2} \prod_{i=1, i \neq j}^n \mu_{ri}(x_i) \frac{\partial \mu_{ri}(x_j)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})}, \quad (20)$$

$$t_l(x) = \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i),$$

де δ_{lr} – дельта Кронекера,

$$m(x) = \sum_{p=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{pi}(x_i).$$

Похідні $\frac{\partial \mu_{rj}(x_j)}{\partial c_{rj}}$ та $\frac{\partial \mu_{rj}(x_j)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})}$, визначені на основі (9), можна записати як

$$\frac{\partial \mu_{rj}(x_j)}{\partial c_{rj}} = \frac{x_j - c_{rj}}{\sigma_{rj}^2} \exp\left(-\frac{(x_j - c_{rj})^2}{2\sigma_{rj}^2}\right), \quad (21)$$

$$\frac{\partial \mu_{ri}(x_j)}{\partial (-0.5\sigma_{rj}^{-2})} = (x_j - c_{rj})^2 \exp\left(-\frac{(x_j - c_{rj})^2}{2\sigma_{rj}^2}\right). \quad (22)$$

Етап 6. Визначення синаптичних ваг зв'язків штучної нейронної мережі.

Як ми вже відзначали, для настроювання синаптичних ваг нейро-фаззі системи можуть бути використані відомі алгоритми навчання-ідентифікації [217, 218]: експоненціально-зважений рекурентний метод найменших квадратів;

$$\left\{ \begin{aligned} w^h(k) &= w^h(k-1) + \frac{P^h(k-1)(y(k) - w^{hT}(k-1)\varphi^h(x(k)))}{\beta + \varphi^{hT}(x(k))P^h(k-1)\varphi^h(x(k))} \varphi^h(x(k)) = \\ &= w^h(k-1) + \frac{P^h(k-1)(y(k) - \hat{y}^h(x(k)))}{\beta + \varphi^{hT}(x(k))P^h(k-1)\varphi^h(x(k))} \varphi^h(x(k)), \\ P^h(k) &= \frac{1}{\beta} \left(P^h(k-1) - \frac{P^h(k-1)\varphi^h(x(k))\varphi^{hT}(x(k))P^h(k-1)}{\beta + \varphi^{hT}(x(k))P^h(k-1)\varphi^h(x(k))} \right) = \\ &= \left(\sum_{\tau=1}^k \varphi^h(x(\tau))\varphi^{hT}x(\tau) \right)^{-1}, 0 < \beta \leq 1, \end{aligned} \right. \quad (23)$$

де $y(t)$ – зовнішній навчальний сигнал, β – параметр забування застарілої інформації;

– оптимальний по швидкодії градієнтний однокроковий алгоритм Качмажа–Уїдрой–Хоффа

$$w^h(k) = w^h(k-1) + \frac{y(k) - w^{hT}(k-1)\varphi^h(x(k))}{\|\varphi^h(x(k))\|^2} \varphi^h(x(k)); \quad (24)$$

– алгоритм навчання, що володіє як стежачими так і згладжуючими властивостями [218]

$$\left\{ \begin{aligned} w^h(k) &= w^h(k-1) + (\beta^h(k))^{-1} (y(k) - w^{hT}(k-1)\varphi^h(x(k))) \varphi^h(x(k)), \\ \beta^h(k) &= \beta \beta^h(k-1) + \|\varphi^h(x(k))\|^2, 0 \leq \beta \leq 1 \end{aligned} \right. \quad (25)$$

і тому подібні процедури.

Процедура (25) пов'язана з алгоритмом (23) співвідношенням,

$$\beta^h(k) = \text{Tr}P^h(k), \quad (26)$$

а при $\beta = 0$ отримуємо форму алгоритму (23).

Процес настроювання синаптичних ваг може відбуватися одночасно із самонавчанням-еволюцією першого прихованого шару. Нехай до моменту надходження спостереження $x(k)$ сформовано p вузлів функцій належності $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p$ й розрахований вектор синаптичних ваг $w^p(k-1)$. Нехай умова (7) не

виконується, що відразу ж веде до формування вузла μ_{p+1} та завданню довільного початкового значення синаптичної ваги w_{p+1} . При цьому вихідний сигнал NFS може бути представлений у вигляді

$$\hat{y}^{p+1}(x(k)) = (w^{p+1}(k-1))^T \varphi^{p+1}(x(k)) = w^{pT}(k-1) \varphi^p(x(k)) + w_{p+1} \varphi_{p+1}(x(k)), \quad (27)$$

а алгоритм (24) –

$$\begin{cases} w^{p+1}(k) = \left(\frac{w^p(k-1)}{w_{p+1}} \right) + (\beta^{p+1}(k))^{-1} (y(k) - \hat{y}^{p+1}(x(k))) \left(\frac{\varphi(x(k))}{\varphi_{p+1}(x(k))} \right), \\ \beta^{p+1}(k) = \beta \beta^p(k-1) + \|\varphi^p(x(k))\|^2 + \varphi_{p+1}^2(x(k)). \end{cases} \quad (28)$$

Як можна бачити, процес одночасних еволюції-самонавчання-контрольованого навчання не викликає ніяких обчислювальних проблем.

Етап 7. Перевірка відповідності архітектури та параметрів штучної нейронної мережі вимогам, що висуваються.

На даному етапі відбувається перевірка відповідності архітектури та параметрів штучної нейронної мережі вимогам. Зазначені вимоги до функціонування штучної нейронної мережі висуваються на етапі проектування систем підтримки прийняття рішень та залежать від типу та обсягів завдань, що виконуються системами підтримки прийняття рішень.

Етап 8. Прийнятті рішення на корегування архітектури та параметрів штучної нейронної мережі.

На підставі порівняльної оцінки вимог, що висуваються до функціонування ШНМ та реальної їх ефективності приймається рішення на корегування параметрів ШНМ, а саме (дія 6-8 на схемі рис. 2): виду та параметрів функції належності; синаптичних ваг між зв'язками.

У разі неможливості забезпечити необхідні вимоги, що висуваються до ШНМ, приймається рішення на зміну архітектури ШНМ та визначенні початкових параметрів ШНМ (дія 1-5 на схемі рис. 2).

3.3.2 Розробка методики навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень

Метою дослідження є розробка методики навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, яка дозволяє виконувати обробку більшої кількості інформації, при однозначності рішень, що приймаються.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання: провести постановку завдання навчання штучних нейронних мереж; провести розробку методики навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень; визначити переваги та недоліки запропонованої методики.

Мережа Кохонена [193] відноситься до самоорганізуючих мереж. Це означає, що вони не отримують бажаний вихідний сигнал при надходженні вхідного навчального вектору, а в результаті навчання мережу розділяє вхідні сигнали на класи, таким чином формуючи топологічні карти. Одним з найважливіших властивостей навченої мережі Кохонена є її здатність до узагальнення. Суть роботи мережі Кохонена полягає в тому, що відбувається кластеризація вхідних векторів в групи схожих між собою векторів. При цьому ваги мережі настроюються так, щоб вхідні образи, які належать одному кластеру, активізували один і той ж вихідний нейрон.

Вектор кожного з нейронів мережі Кохонена може замінити групу відповідних йому класифікуються векторів. Таким чином, це властивість дозволяє використовувати даний вид мережі в галузі стиснення даних.

Варто відзначити, що самоорганізуюча карта Т. Кохонена реалізує відображення вхідного простору розмірності n в вихідна простір розмірності m .

Самоорганізована карта має дуже просту архітектуру з прямою передачею інформації. Крім нульового (рецепторного) шару, вона містить єдиний шар нейронів, який дуже часто називають шаром Кохонена [193].

Саме завдяки такій організації, кожен нейрон мережі отримує всю інформацію про аналізованому образі і генерує на свій вихід відповідний відгук. Після цього в шарі Кохонена виникає режим конкуренції, в результаті якої

визначається єдиний нейрон-переможець з максимальним вихідним сигналом. Цей сигнал по латеральним зв'язків забезпечує збудження найближчих “сусідів” переможця і придушення реакції далеко віддалених вузлів. Самоорганізуються карти можуть мати різну топологію. Однак найбільш часто рецептори і нейрони розташовуються у вузлах одно або двовимірної решітки. Розглянемо докладніше архітектуру самоорганізуючої карти. На вхід мережі надходить n -мірний вхідний сигнал. Мережа містить єдиний шар з m нейронів, які утворюють на площині прямокутні решітки.

Нейрони характеризуються своїм місцем розташування в мережі. Кожен нейрон шару Кохонена пов'язаний з кожним входом нульового (вхідного) шару прямими зв'язками, а також з усіма іншими нейронами поперечними зв'язками.

На рис. 3 представлена 1D-карта Кохонена.

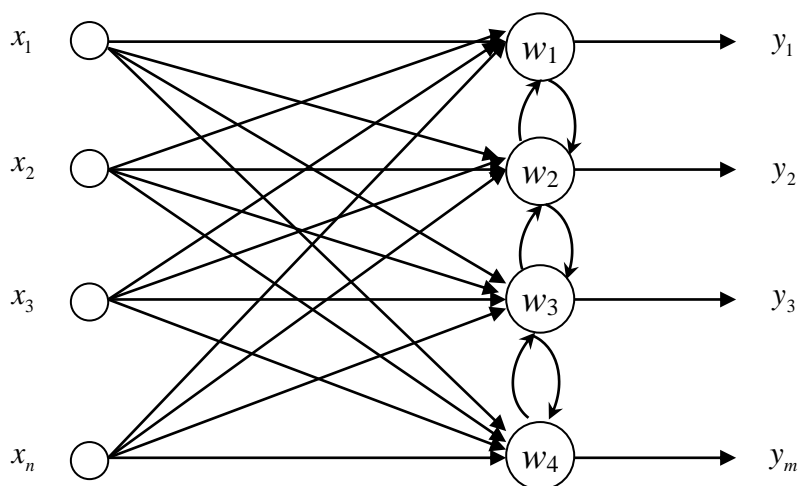


Рис. 3 – 1D-карта Кохонена

В процесі навчання сусідні нейрони впливають один на одного сильніше, ніж ті, які розташовані далі. Саме латеральні зв'язку в мережі забезпечують збудження одних нейронів і гальмування інших. Кожен нейрон з шару Кохонена формує зважену суму сигналів $f(x, w) = \sum_{i=1} w_i x_i$. При цьому, якщо синапси прискорюють, то $w_{ij} > 0$. Якщо ж синапси гальмуючі, то $w_{ij} < 0$.

На рис. 4 запропоновано методикау навчання штучної нейронної мережі. Удосконалення зазначеної методики навчання полягає в додаванні дій 5-8 до відомих методів навчання штучних нейронних мереж. Тобто відбувається

додатково навчання штучних нейронних мереж, що не було враховано в роботах [192–208]:

архітектури штучних нейронних мереж в залежності від кількості вхідної інформації (кількості шарів, кількості скритих шарів, кількості зв'язків між нейронами у шарі та між шарами); кількості та параметрів функції належності; не вимагає зберігання раніше розрахованих даних.

Крок 1: Початковим етапом є ініціалізація початкових значень синаптичних ваг. *Крок 2.* Визначення ваг нейронів. *Крок 3.* Корекція ваг нейрону та визначення функції сусідства. *Крок 4.* Формування першого кластеру. *Крок 5.* Перевірка значення порогу. *Крок 6.* Перевірка спроможностей архітектури щодо обробки кількості інформації, що надходить на її вхід.

Крок 7. Еволюція архітектури системи.

Перед початком роботи алгоритму навчання мережі Кохонена вхідні вектори попередньо нормалізуються:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_i x_i^2}} = \frac{x_i}{\|x\|}, i = 1, 2, \dots, N \quad (29)$$

Сам алгоритм навчання мережі Кохонена може бути описаний як послідовність кроків:

Крок 1: проводиться ініціалізація початкових значень синаптичних ваг $w_{ij} = 0$.

Одним з часто застосовуваних способів ініціалізації є присвоювання синаптичним вагам значень, рівних випадково обраним векторам з безлічі спостережень. В цілому, існує три основних способу ініціалізації початкових ваг: ініціалізація випадковими значеннями, коли всім ваг даються малі випадкові величини; ініціалізація прикладами, коли в якості початкових значень задаються значення випадково вибраних прикладів з навчальної вибірки; лінійна ініціалізація.

В цьому випадку ваги ініціюються значеннями векторів, лінійно впорядкованих вздовж лінійного підпростору, що проходить між двома головними власними векторами вихідного набору даних.

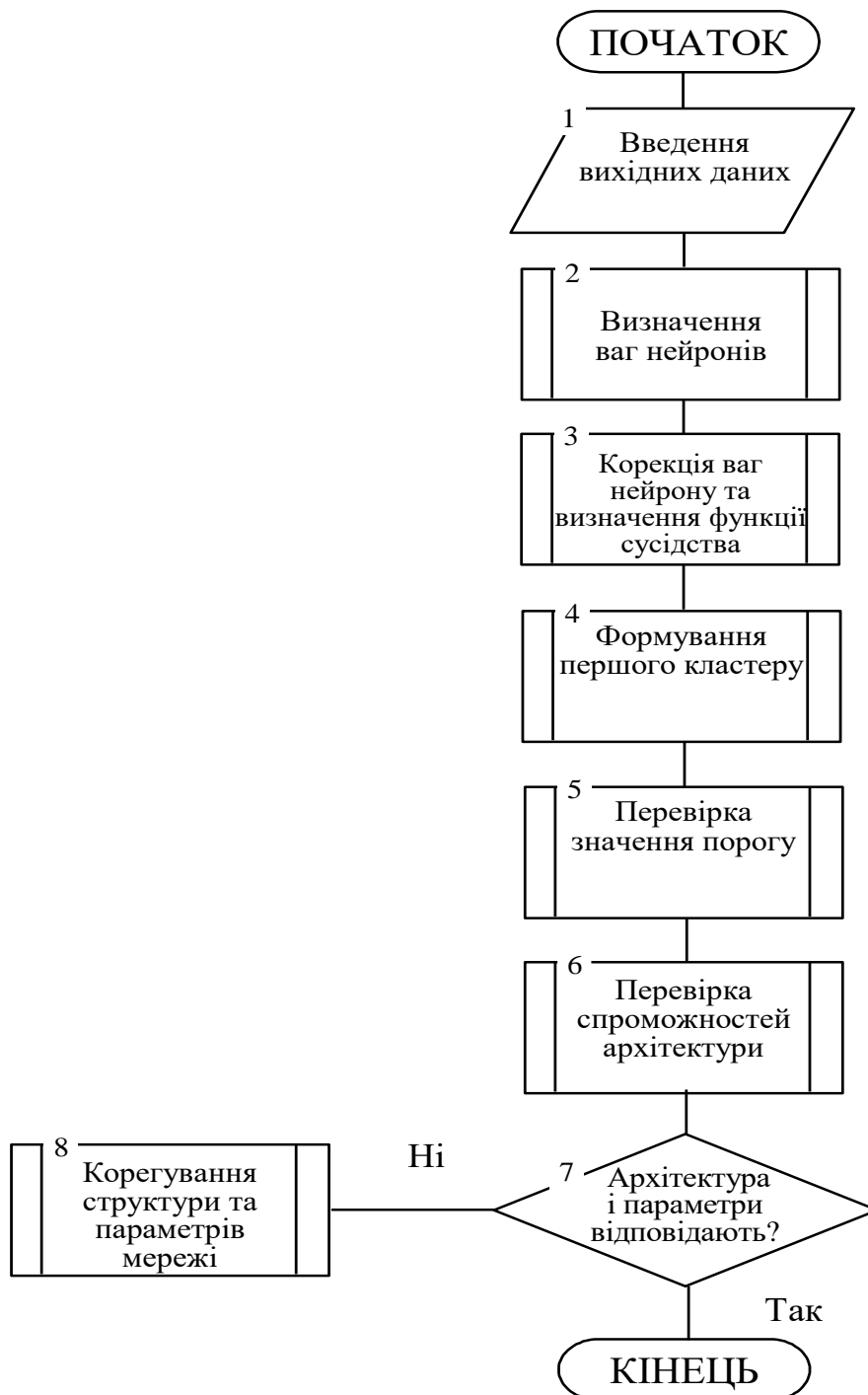


Рис. 4. – Методика навчання штучної нейронної мережі

Крок 2: на вхід системи подається нормалізований вектор сигналів \tilde{x} та вибирається вектор ваг (нейрон), найближчий до \tilde{x} тобто вектор, для якого Евклідова відстань до x буде найменшим:

$$\arg \min_j \|\tilde{x} - w_j\|, j=1,2,\dots,l. \quad (30)$$

Цей вираз також може бути записано в наступному вигляді:

$$c = \arg \max(\tilde{x}^T w_j), j=1,2,\dots,l. \quad (31)$$

Крок 3: проводиться корекція (настройка) вектору синаптичних ваг w_{ij} за правилом

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \eta(k) f_{ij}(k) (\tilde{x}(k) - w_{ij}(k)), \quad (32)$$

де $w_{ij}(k+1)$ – нове значення ваги, $\eta(k)$ – змінюється з часом коефіцієнт посилення (на першій ітерації $\eta=1$ поступово зменшується до нуля, тобто, $\eta(k) \in (0,1]$), $f_{ij}(k)$ – монотонно спадаюча функція (функція сусідства) виду,

$$f_{ij}(k) = f(\|r_i - r_j\|, k), \quad (33)$$

де r_i – вектор, який визначає положення i -го нейрона в решітці, r_j – вектор, який визначає положення j -го нейрона в решітці. Очевидно, що для нейрона-переможця $f_c(\|r_i - r_j\|) = f_c(0) = 1$. Найчастіше в якості опції сусідства вибирають гаусіан, “Мексиканський капелюх”, косинусоїдну функцію, функції Єпанечнікова та т.п. При цьому вихідні сигнали мережі визначаються так:

$$y_j(k) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } w_j^T(k) \tilde{x}(k) > w_p^T(k) \tilde{x}(k) \text{ для всіх } p \neq j, \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \quad (34)$$

Далі кроки 1 і 2 повторюються до тих пір, поки вихідні значення мережі не стабілізуються із заданою точністю. Сенс настройки за виразом (32) зводиться до того, що відбувається мінімізація різниці між вхідним вектором $\tilde{x}(k)$ і вектором синаптичних ваг нейрона-переможця.

Іншими словами можна сказати, що цей алгоритм в процесі настройки “підтягує” вектор синаптичних ваг нейрона-переможця до поточному вхідному образу $\tilde{x}(k)$. В даному випадку знаходиться вектор $\tilde{x}(k) - w_{ij}(k)$, який потім зменшується на величину $\eta(k)$, яка задає швидкість навчання. Таким чином, можна сказати, що навчання зводиться до обертання вектору ваг нейрона в напрямку вхідного вектору без істотного зміни його довжини.

В [209] запропоновано оригінальний online еволюціонуючий метод нечіткої кластеризації (evolving fuzzy clustering method, EFCM), в основі якого лежить імовірнісний підхід до вирішення завдання, при цьому основним

параметром, який в підсумку визначає кінцевий результат, є радіус сформованих кластерів, обраний з емпіричних міркувань і визначає в підсумку число можливих класів. Незважаючи на ефективність імовірнісних алгоритмів нечіткої кластеризації (FCM), їх “слабким” місцем є “жорстке” обмеження

$$\sum_{j=1}^m u_j(k) = 1 \forall k = 1, 2, \dots, N, \quad (35)$$

Цього недоліку позбавлений, так званий, можливістний (possibilistic) підхід (PCM) до нечіткої кластеризації [208], пов’язаний з оптимізацією цільової функції що веде до того, що спостереження, так само належить всім класам, тобто рівновіддалене від всіх центроїдів, може має ті ж рівні приналежності, що і спостереження, також рівновіддалене від центроїд, але не належить жодному з кластерів

$$E(u_j, c_j) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m u_j^\beta(k) \|x(k) - c_j\|^2 + \sum_{j=1}^m \mu_j \sum_{k=1}^N (1 - u_j(k))^\beta, \quad (36)$$

де $c_j = (c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn})^T$ – центр ваги j -го кластера, який вираховується в процесі обробки даних, $\beta > 1$ – параметр фазифікації (“фазифікатор”), що визначає “розмитість” меж між кластерами і зазвичай покладаються $\beta = 2$, $\mu_j > 1$ – скалярний параметр, що визначає відстань, на якому приналежність приймає значення 0,5, тобто якщо:

$$\|x(k) - c_j\|^2 = \mu_j, \quad (37)$$

то $\mu_j(k) = 0,5$.

Використання можливісного підходу веде до еволюціонуючого методу нечіткої кластеризації (EPCM), який зручно записати у формі послідовності кроків:

Крок 4: при надходженні спостереження $x(1)$ формується перший кластер з центроїдом c_1 .

Крок 5: при надходженні спостереження $x(1)$ перевіряється умова

$$\|x(2) - c_1\| \leq \Delta, \quad (38)$$

де Δ – деякий апіорі задається поріг.

Якщо ця умова виконується, то спостереження $x(1)$ не формує новий центр ваги, тобто потрібно було, що воно належить першому кластеру з рівнем належності

$$u_1(2) = \left(1 + \left(\frac{\|x(2) - c_1\|^2}{\mu_1} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \right)^{-1} \quad (39)$$

Якщо ж виконується умова

$$\Delta < \|x(2) - c_1\| \leq 2\Delta, \quad (40)$$

то відбувається корекція центроїда c_1 згідно WTA (winner-takes-all, WTA)-правила самонавчання Кохонена [209]:

$$c_1(2) = c_1(1) + \eta(2)(x(2) - c_1(1)), \quad (41)$$

$\eta(2)$ – параметр кроку налаштування.

При цьому центроїд c_1 підтягується до вектору спостережень $x(1)$; якщо ж для $x(1)$ виконується нерівність

$$2\Delta < \|x(2) - c_1\|, \quad (42)$$

то формується другий кластер з центроїдом

$$c_2 = x(2). \quad (43)$$

При цьому повинні бути розраховані рівні належності $u_2(1)$ та $u_1(2)$ по формулам, що наведені нижче.

Крок 6. Перевірка спроможностей архітектури щодо обробки кількості інформації, що надходить на її вхід.

Отже якщо є N спостережень та m кластерів з центроїдами c_j , розрахунки всіх належностей та скореговані координати центроїдів оцінюються згідно відношення:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_j(k) = \left(1 + \left(\frac{\|x(k) - c\|^2}{\mu_j} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \right)^{-1}, \\ c_j = \frac{\sum_{k=1}^N u_j^\beta(k) x(k)}{\sum_{k=1}^N u_j^\beta(k)}, \\ \mu_j(k) = \frac{\sum_{k=1}^N u_j^\beta(k) \|x(k) - c_j\|^2}{\sum_{k=1}^N u_j^\beta(k)}, \end{array} \right. \quad (44)$$

отримаємо в результаті мінімізації (36) по всім параметрам, що оцінюються.

Система рівнянь (44) представляє собою по суті пакетний алгоритм обробки інформації так, що при надходженні спостереження $x(N+1)$ усі розрахунки повинні бути проведені заново. Зрозуміло, що при достатньо високій частоті надходження даних підхід може виявитися неефективним.

З цією метою потрібно провести розробку рекурентних процедур, що не потребують зберігання відпрацьованих раніше даних. Реалізувати зазначені рекурентні процедури можна на основі двошарової адаптивної нейро-фаззи мережі з наступною архітектурою.

Перший скритий шар мережі утворений звичайними нейронами Кохонена N_j^K , пов'язані між собою латеральними зв'язками, по яким реалізується процес конкуренції. Вихідний шар мережі, утворений вузлами N_j^u , призначений для розрахунку рівнів належності кожного спостереження $x(k)$ кожному j -му кластеру, $j = 1, 2, 3, \dots, m$. Для налаштування центрів кластерів використовується рекурентна процедура самонавчання, яка має вид [201]:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_j(k+1) = c_j(k) + \frac{u_j^\beta(k)}{k+1} (x(k+1) - c_j(k)), \\ u_j(k+1) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\|x(k+1) - c_j(k+1)\|^2}{\mu_j(k)} \right)^{\frac{1}{1-\beta}}}, \\ \mu_j(k+1) = \frac{\sum_{p=1}^{k+1} u_j^\beta(p) \|x(p) - c_j(k+1)\|^2}{\sum_{p=1}^{k+1} u_j^\beta(p)}. \end{array} \right. \quad (45)$$

Неважко помітити що перший вираз (45) і є WTM-правило самонавчання зі звужуючою функцією сусідства $(k+1)^{-1} u_j^\beta(k)$.

Крок 7. Еволюція архітектури системи.

Процес еволюції системи подібно попередньому починається з єдиного нейрона Кохонена, який уточнює координати першого центроїду c_1 . Наступний нейрон додається до мережі при виконанні умови (42), яке в даному випадку приймає форму

$$2\Delta < \|x(k) - c_1(k-1)\|. \quad (46)$$

В цей момент формується нейрон з центроїдом $c_2(k) = x(k)$. Тут необхідно помітити, що оскільки в нейронних мережах Кохонена дані попередньо нормуються на гіпершар так, що

$$\|x(k)\|^2 = \|c_j(k)\|^2 = 1, \quad (47)$$

нерівність (42), яке визначає необхідність введення до мережі нових нейронів, отримує форму

$$-1 \leq 1 - 2\Delta^2 < c_j^T(k-1)x(k) \leq 1, \forall j = 1, 2, \dots, m, \quad (48)$$

або

$$-1 \leq 1 - 2\Delta^2 < \cos(c_j(k-1)x(k)) \leq 1. \quad (49)$$

Таким чином, нарощування архітектури відбувається в результаті постійного контролю нерівностей (58) або (49) що відбувається в випадку, якщо ці нерівності порушуються.

Завдяки використанню саме можливісного підходу, доцільна реалізація ще однією “гілки еволюції”, а саме, якщо в якійсь момент часу виявиться, що належності спостереження $x(k)$ не перевищують деякого порогового значення

$$u_j(k) < \varepsilon \forall j = 1, 2, \dots, m, \quad (50)$$

тобто спостереження $x(k)$ достатньо далеко розташовано от всіх вже сформованих центроїдів, це також може служити сигналом для формування нового кластера

$$c_{m+1}(k) = x(k). \quad (51)$$

Для оцінки якості нечіткої кластеризації може бути використаний популярний індекс Ксі–Бені [201] в розширеній формі [205]. Для фіксованої вибірки, що має N спостережень цей індекс має вид

$$EXB(N) = \frac{\left(\sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m u_j^\beta(k) \|x(k) - c_j(N)\|^2 / N \right)}{\min_{j \neq l} \|c_j(N) - c_l(N)\|^2} = \frac{NEXB(N)}{DEXB(N)}. \quad (52)$$

Для online обробки цей індекс подібно центроїдам кластерів також може розраховуватися рекурентно:

$$\begin{aligned} EXB(k+1) &= \frac{NEXB(k+1)}{DEXB(k+1)} = \\ &= \frac{NEXB(k) + \frac{1}{k+1} \left(\sum_{j=1}^m u_j^\beta(k+1) \|x(k+1) - c_j(k+1)\|^2 - NEXB(k) \right)}{\min_{j \neq l} \|c_j(k+1) - c_l(k+1)\|^2}. \end{aligned} \quad (53)$$

Додавання виразу (51) в процедуру навчання (47) дозволить організувати додатковий контроль за кількістю кластерів, що формуються системою. Так, введення третього порогу δ та перевіряючи на кожному кроці умову

$$EXB(k+1) > \delta, \quad (54)$$

можна зупинити процес нарощування нейронів в випадку порушення нерівності (54).

Запропоновано методику навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Проведено моделювання роботи запропонованої методики в програмному середовищі MathCad 14.

Для проведення експерименту використовувався двовимірний штучно згенерований набір даних. Він містив 15 кластерів з різним рівнем перекриття. Вибірка даних містила 5000 спостережень. Дані подавалися на обробку в послідовному режимі. Для порівняння якості кластеризації використовувалися FCM і система, заснована на еволюційному методі нечіткої кластеризації (Evolving Fuzzy Clustering Method, EFCM) з різними значення параметра порога. Як критерій оцінки якості кластеризації був використаний індекс Ксі-Бені. У таблиці 1 представлені порівняльні результати кластеризації.

Таблиця 1 – Порівняльні результати кластеризації

Система	Кількість кластерів	Параметри алгоритму	ХВ (Індекс Ксі-Бені)	Час кластеризації, с
FCM (Fuzzy C-Means)	15	-	0.0903	2.69
EFCM	9	Dthr = 0.24	0.1136	0.14
EFCM	12	Dthr = 0.19	0.1548	0.19
Запропонована система (пакетний режим)	12	delta = 0.1	0.0978	0.37
Запропонована система (online режим)	12	delta=0.1	0.1127	0.25

Для проведення наступного експерименту була використана вибірка даних, що описує характеристики об'єкту моніторингу. Вибірка даних містила 210 спостережень. Кожне спостереження описувалося сім'ю параметрами: кількість особового складу; загальна чисельність особового складу; кількість організаційно-штатних структур; кількість зразків озброєння та військової техніки; кількість засобів зв'язку; кількість типів зразків озброєння та військової

техніки; тип засобів зв'язку. Перед кластеризацією ознаки спостережень були нормалізовані на інтервалі $[0,1]$.

Таблиця 2 – Порівняльні результати кластеризації

Система	Кількість кластерів	Параметри алгоритму	ХВ (Індекс Ксі-Бені)	Час,с
FCM (Fuzzy C-Means)	3	-	0.1963	0.81
EFCM	4	Dthr = 0.6	0.2330	0.04
Запропонована система (пакетний режим)	3	delta = 0.4	0.2078	0.45
Запропонована система (online режим)	3	delta = 0.4	0.2200	0.30

Параметри аналізованих систем, а також кількість виявлених кластерів, також наведені в табл. 2. Для оцінки якості роботи систем використовувався індекс Ксі-Бені (ХВ). Варто відзначити, що запропонована система показала кращий за критерієм РС (partition coefficient, РС – коефіцієнт розбиття) результат в порівнянні з EFCM і кращий за часом роботи результат в порівнянні з FCM. Як запропоновані системи, так і FCM виявили три нечітких кластера.

Основними перевагами запропонованої методики оцінки є: не накопичує помилки навчання в ході навчання штучних нейронних мереж за рахунок корегування параметрів та архітектури штучної нейронної мережі; однозначність отриманої результатів; широка сфера використання (системи підтримки та прийняття рішень); простота математичних розрахунків; можливість адаптації системи в ході роботи; можливість синтезу оптимальної структури системи підтримки та прийняття рішення.

До недоліків запропонованого методики слід віднести:

– втрата інформативності при оцінюванні (прогнозування) за рахунок побудови функції належності. Зазначена втрата інформативності може бути зменшена за рахунок вибору типу функції належності та її параметрів при

практичній реалізація запропонованої методики в системах підтримки та прийняття рішень. Вибір типу функції належності залежить від обчислювальних ресурсів конкретного електронно-обчислювального засобу.

- менша точність оцінювання по окремо взятому параметру оцінки стану;
- втрата точності результатів за час перестройки архітектури штучної нейронної мережі.

Зазначене дослідження є подальшим розвитком досліджень проведеними авторами, що спрямовані на розробку теоретичних основ підвищення ефективності систем штучного інтелекту, що опубліковані вже раніше [1, 2, 29–32].

Висновки

1. Розроблено алгоритм навчання методу навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Підвищення оперативності обробки інформації та зменшення похибки оцінювання досягається за рахунок: навчання не тільки синаптичних ваг штучної нейронної мережі, але й виду та параметрів функції належності; навчання архітектури штучних нейронних мереж; можливості комбінації елементів штучної нейронної мережі; можливості навчання окремих елементів штучної нейронної мережі; обчислення даних за одну епоху без необхідності зберігання попередніх обчислень. Зазначене зменшує час на обробку інформації за рахунок відсутності необхідності звернення до бази даних;

- відсутності накопичення помилки навчання штучних нейронних мереж в результаті обробки інформації, що надходить на вхід штучних нейронних мереж.

Дослідження розробленого алгоритму навчання показало, що зазначений алгоритм навчання забезпечує в середньому на 10–18 % більшу високу ефективність навчання штучних нейронних мереж та не накопичує помилок в ході навчання.

2. Наукова новизна зазначеної методики навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень полягає в наступному.

– проводить навчання не тільки синаптичних ваг штучної нейронної мережі, але й виду та параметрів функції належності;

– в разі неможливості забезпечити задану якість функціонування штучних нейронних мереж за рахунок навчання параметрів відбувається навчання архітектури штучних нейронних мереж;

– вибір архітектури, виду та параметрів функції належності відбувається з врахуванням обчислювальних ресурсів засобу та з врахуванням типу та кількості інформації, що надходить на вхід штучної нейронної мережі;

– не відбувається накопичення помилки навчання штучних нейронних мереж в результаті обробки інформації, що надходить на вхід штучних нейронних мереж.

Практична цінність запропонованої методики полягає в тому, що на її основі було проведено розробку практичних рекомендації щодо підвищення ефективності навчання штучних нейронних мереж.

Дослідження розробленої методики показало, що зазначена методика навчання забезпечує в середньому на 16–23 % більшу високу ефективність навчання штучних нейронних мереж та не накопичує помилок в ході навчання.

REFERENCES

1. Березюк О.В., Горбатюк С.М., Березюк Л.Л. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час літнього компостування // Вісник ВПІ. 2013. № 4. С. 17-20.
2. Попович В.В., Придатко О.В., Сичевський М.І. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" // Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 10. С. 111-116.
3. Березюк О.В. Визначення параметрів впливу на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2011. № 2(10). С. 64-66.
4. Березюк О.В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2 (8). С. 43-45.
5. Сагдеева О.А., Крусір Г.В., Цикало А.Л. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів // Екологічна безпека. 2018. № 1. С. 75-83.
6. Bereziuk O., Lemeshev M., Bogachuk V. and all. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes // Przegląd Elektrotechniczny. 2019. No. 4. P. 146-150.
7. Березюк О.В., Лемешев М.С., Березюк Л.Л., Віштак І.В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час весняного компостування // Вісник ВПІ. 2015. № 1. С. 29-33.
8. Березюк О.В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. № 2. С. 39-45.
9. Коц І.В., Березюк О.В. Вібраційний гідропривод для пресування промислових відходів // Вісник ВПІ. 2006. № 5. С. 146-149.
10. Ковальський, В. П., et al. "Использование минеральных заполнителей, наполнителей и микронаполнителей в сухих строительных смесях для поризованных растворов." Technical research and development: collective monograph. 8.9: 360–366. (2021).
11. Лемешев М. С. В'язучі з використанням промислових відходів Вінниччини // Тези доповідей XXIV міжнар. наук.-практ. конф. "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18-20 травня 2016 р. Харків: НТУ "ХПІ", 2016. Ч. III. С. 381.

12. Лемешев М. С. В'яжуче на основі промислових відходів // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: материалы международной научно-практической Интернет-конференции, 10-17 октября 2017 г. Москва: SWorld, 2017. 6 с.
13. Лемешев М.С., Сівак К.К., Стаднійчук М.Ю. Особливості використання промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2020. № 2. С. 24-34.
14. Лемешев, М. С. "Антистатичні покриття із бетелу-м." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: 217-223. (2004).
15. Lemeshev, M. S. "Formuvannya struktury elektroprovodnoho betonu pid vplyvom elektrychnoho strumu." Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii u budivnytstvi: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk.–Vinnytsia: UNIVERSUM–Vinnytsia.–2006.–S (2006): 36-41.
16. Лемешев М.С. Металлонасыщенные бетоны для защиты от электромагнитного излучения // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: Зовнішпрекламсервіс. 2013. №33. С. 253-256.
17. Лемешев М.С. Електропровідні бетони для захисту від статичної електрики // Перспективні досягнення сучасних вчених: матер. наук. симп., 19-20 вер. 2017 р. Одеса. 5 с.
18. Лемешев М.С., Березюк О.В. Електротехнічний бетон для виготовлення анодних заземлювачів // Інтелектуальний потенціал ХХІ століття '2017: матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 14-21 листопада 2017 р. Одеса: SWorld, 2017. 5 с.
19. Лемешев М.С., Березюк О.В. Антистатичні покриття із електропровідного бетону // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2017. № 2. С. 26-30.
20. Постовий, П. В. Стіновий композиційний будівельний матеріал спеціального призначення. Сборник научных трудов SWorld, 2011
21. Березюк О.В., Лемешев М.С. Динаміка утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області // Вісник ВПІ. 2021. № 1. С. 37-41.
22. Березюк О.В. Комп'ютерна програма "Планування експерименту" ("PlanExp") // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 46876. К: Держслужба інтелектуальної власності України. Дата реєстрації: 21.12.2012.
23. Березюк О.В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 6. С. 23-28.
24. Березюк О.В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів // Вібрації в техніці та технологіях. 2009. № 55. С. 92-97.

25. Березюк О.В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів // Вісник машинобудування та транспорту. 2015. № 2. С. 3-7.
26. Березюк О.В., Лемешев М.С., Королевська С.В. Математичне моделювання прогнозування обсягів продукування будівельних відходів в різних країнах світу // Вісник ВПІ. 2021. № 3. С. 41-46.
27. Appleton J., 1975. *The Experience of Landscape*. London: Wiley.
28. Ellard C., 2015. *Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life*. New York: Bellevue Literary Press.
29. Fromm E., 1973. *The Anatomy of Human Destructiveness*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
30. Gehl J., 2010. *Cities for People*. Washington D. C: Island Press.
31. Grozdanic L., 2018. Vincent Callebaut's Arboricole tower brings vertical agriculture to the city [online] INHABITAT. Available at: <<https://inhabitat.com/vincent-callebauts-arboricole-tower-brings-vertical-agriculture-to-the-city/>> [Accessed 24.03.2022].
32. Herwagen J.H., Orians G.H., 1993. Humans, habitats, and aesthetics. The biophilia hypothesis Washington DC: Island Press, pp.138-172
33. Jacobs J., 1961. *The death and life of great American cities*. New York: Random House
34. Kaplan S, Kaplan R., 1989. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
35. Kuo F.E., Sullivan W.S., 2001. Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime? *Environment and Behavior*, 33, pp.343–367.
36. Newman O., 1972. *Defensible Space: Crime Prevention Through Urban Design*. New York: Macmillan Publishing.
37. Rosenfield K., 2014. SPARK Proposes Vertical Farming Hybrid to House Singapore's Aging Population [online] Archdaily. Available at: <https://www.archdaily.com/573783/spark-proposes-vertical-farming-hybrid-to-house-singapore-s-aging-population-2?ad_source=search&ad_medium=search_result_all> [Accessed 24.03.2022].
38. Speck J., 2018. *Walkable City Rules: 101 Steps to Making Better Places*. Washington D. C: Island Press.
39. Ulrich R.S., 1984. View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*, 224, pp.420–421.

40. Wilson J., Kelling G., 1982. Broken Windows. [online] The Atlantic Monthly. Available at: <<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1982/03/broken-windows/304465/>> [Accessed 24.03.2022].
41. OOH (2004) UN-HABITAT SELF-ASSESSMENT FOR THE FORTHCOMING OIOS IN-DEPTH PROGRAMMATIC EVALUATION Retrieved from: <<https://unhabitat.org/un-habitat-self-assessment-report-2004> [Accessed 15.08.2020].
42. Arhdaily (2019) Origami Housing / Waechter Architecture. Retrieved from: <https://www.archdaily.com/925926/origami-housing-waechter-architecture?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
43. Stefano Boeri Architects. (2010) Bosco Verticale. Retrieved from: <<https://www.stefano-boeri-architetti.net/wp-content/uploads/2018/02/img-bosco-7.jpg> [Accessed 16.08.2020].
44. Zoe Kaplan. (2016) Boston Society of Architects to Hold Retrospective on Moshe Safdie's Career. Retrieved from: <<https://www.interiordesign.net/slideshows/detail/8945-boston-society-of-architects-to-hold-retrospective/?single=true> [Accessed 15.08.2020].
45. Archello (2013) Renaissance Barcelona Fira Hotel. Retrieved from: <<https://archello.com/project/renaissance-barcelona-fira-hotel> [Accessed 20. 01.2022].
46. Arhdaily (2016) Penda Designs Sky Villas with Vertical Gardens for Hyderabad Retrieved from: <<https://www.archdaily.com/790207/penda-designs-sky-villas-with-vertical-gardens-for-hyderabad> [Accessed 15.01.2022].
47. Architecture week (2011) Hight-rise Sustainability. Retrieved from: <<http://www.architectureweek.com/2012/0104/> [Accessed 15.01.2022].
48. Гнесь І. П. Багатоквартирне житло: тенденції еволюції / І. П. Гнесь. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 652 с.
49. Гнесь І.П. Особливості використання підвальних приміщень в багатоквартирних житлових будинках / І.П. Гнесь, У.І. Гнесь // Архітектура і сільськогосподарське будівництво: Вісник Львівського державного аграрного університету. – Львів : Держагроуніверситет, 2012. - №13. – С.106-111.
50. Кальмар М. Современная архитектура Австрии / М. Кальмар. – Москва : Стройиздат, 1986. – 207 с.
51. Рябушин А.В. Социальные проблемы жилищного строительства в Западной Европе / А.В. Рябушин, В.Л. Глазычев // Некоторые проблемы урбанизации и градостроительства (социально–экономические аспекты). – М.: ИМРД АН СССР, 1980. – С.80 – 100.
52. Смотриковский В.И. Типологические особенности хозяйственно-бытовых помещений в городском жилище: автореф. дис. ... канд. арх.: 18.00.02 / Смотриковский В.И.; Моск. Архит. ин-т.- М., 1986. – 23 с.

53. Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M. (2019). Conditions of existing residential buildings 50–60 years and mistakes of their construction. *Theory and Building Practice*, Lviv, Vol.1, No.1, 43-49. doi: <https://doi.org/10.23939/jtbp2019.02.043>.
54. Demchyna B., Vozniuk L. (2020). Emergency condition of loggies in buildings with supporting brick walls . *Theory and Building Practice*, Lviv, Vol.2, No.2, 28-34.
55. Klimenko V.Z., Belov I.D. (2005). *Vyprobuvannia ta obstezhennia budivelnykh konstruktsii i sporud*. Osnova, Kyiv. 207 p (in Ukrainian).
56. Barashkov A.Ia. (1998). Otsenka tekhnicheskoho sostoianiya stroytelnykh konstruktsii zdanyi y sooruzheniy, NMTs Dernahliadokhoronpratsi Ukrainy, 238 p.
57. Shmukler V., Honcharenko D., Konstantynov A., Zynchenko V. (2013). Vosstanovlenye krupnopanelnogo zdaniya, razrushennogo vrezultate tekhnohennoi katastrofy. *Promyslove budivnytstvo ta inzhenernisporudy*. Vol.2. 34-39 pp.
58. Буров А. Про архітектуру. -М.: Держбудвидав, 1960;
59. Гельфонд, А. Архітектурна типологія громадських будівель та споруд: навч. Посібник, 2003;
60. Зігель К. Структура та форма у сучасній архітектурі. М., Держбудвидав, 1965;
61. Голдбергер П. Навіщо потрібна архітектура, Strelka Press, 2016;
62. Штейнбах, Х. Психологія життєвого простору/Х.Штейнбах,, 2004.
63. Оболенский Н.В. Архитектура и Солнце. – М.: Стройиздат. – 1988. – 207 с.
64. Скриль І.Н., Скриль С.І. Основи архітектурної світлології (розрахунок і проектування природного, штучного й суміщеного освітлення та інсоляції): Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 2006. – 214 с.: іл.
65. Розенфельд М.І. Техностиль в архітектурному формоутворенні і дизайні (друга половина ХІХ – ХХ ст.): Автореф. дис... канд. архітектури: 18.00.01 / Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та арх-ри. – Х., 2003. – 20 с., с. 10
66. Коваль Л.М. Принципи формування дизайну предметно-просторового середовища засобами LED-технологій: автореф. дис. ... канд. мистецтвознавства: 17.00.07 / Коваль Лідія Михайлівна; Харк. держ. акад. диз. і мист. – Х., 2012. – 20 с., с. 10-16
67. Negroponte, N. (2018). *Architecture Machine: Nicholas Negroponte*: Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive. Retrieved from <https://archive.org/details/NicolasNegroponteArchitectureMachine> [Accessed 20 May 2018].
68. Look at Me. (2019). Green architecture. [online] Available at: <http://www.lookatme.ru/mag/archive/experienceother/120663-zelenaya-architektura> [Accessed 10 Mar. 2019].

69. Cihanger D 2018 Spaces by people: an urban design approach to everyday life METU JFA, vol. 36, no. 2 pp. 55-76
70. Yarimbaz D 2018 Experiencing city by walking: Communications elements ITU A|Z, vol. 15, no. 2 pp. 19-30.
71. Chaika V. (2018) Leonardo da Vinci. Inventions. Kiev: Lotos.
72. СОУ ЖКГ 00.01-011:2010. Стандартизація послуг. Послуги з управління та утримання житлового комплексу. Класифікація та склад послуг. – Київ, Мінжитлокомунгосп України, 2010.
73. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ, ДП „УкрНДНЦ”, 2017.
74. СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0015:2009. Житлові будинки. Правила визначення фізичного зносу житлових будівель. – Київ, ЖКГ України, 2009.
75. Фурсов В.В., Кошмай Н.Д., Васильев А.Ю. Экспериментальное исследование металлодеревянной фермы культового здания в г. Харькове / Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського, вип. 6. – Київ, видавництво «Сталь», 2010. – С. 133-138.
76. Дмитренко А.О., Крутибич О.В., Отрішко С.В. Визначення технічного стану та конструктивні рішення підсилення дерев’яних ферм. PhD Thesis. Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, 2019.
77. Гладишев Д.Г., Гладишев Г.М., Бродський М.О., Вознюк Л.І. Варіант улаштування прохідної підвісної стелі в межах міжфермового простору / Scientific foundations of solving engineering tasks and problems: collective monograph – International Science Group. – Boston: Primedia eLaunch, 2021. 758 p. Available at : DOI 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.П-152-159.
78. Серия 7009. Железобетонные быстромонтируемые здания (БМЗ) из секций пролетом 12 м высотой 4 м. – Москва, ВНПО «Энерготехпром», 1978.
79. Серия 7018. Конструкции железобетонные быстромонтируемых одноэтажных промышленных зданий высотой 6м и 4м. – Москва, ВНПО «Энерготехпром», 1999.
80. Серия 7212. Конструкции железобетонные быстромонтируемых зданий (БМЗ) пролетом 12 м, высотой 4 м, 6 м и двухэтажные сейсмостойкие. – Москва, ВНПО «Энерготехпром».
81. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2017.
82. Гнесь І.П. Принципи формування соціально-інтегрованого житла / І.П. Гнесь // Досвід та перспективи розвитку міст України: збірник наукових праць. – К.: Діпромісто, 2008. – Вип. 15. – С. 118–128.

83. Гнесь І.П. Этажность жилой застройки как детерминанта антисоциального поведения жителей микрорайона / І.П. Гнесь // Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті: збірка наукових праць вищих навчальних закладів художньо-будівельного профілю України і Росії. – Харків, 2008. – Випуск 1/2. – С. 296–299.
84. Гнесь І.П. Проблеми формування соціально безпечного житлового середовища / І.П. Гнесь // Досвід та перспективи розвитку міст України: збірник наукових праць. – К.: Діпромісто, 2004. – Вип. 7. – С.118-128.
85. Hnes Ihor P. Architectural and urban factors of social security for urban residential areas / Hnes Ihor P. // Modern socio-political processes in Russia, Europe states and in the World. – Volume 1 / ed. by D. Pukas. – Stuttgart: ORT Publishing, 2012. – P.189-198.
86. Гнесь І.П. Соціально-психологічні фактори комфортності житлового середовища / І.П. Гнесь // Проблемы теории и истории архитектуры Украины: сборник научных трудов. – Вып. 4. – Одесса, 2003. – С.65-73.
87. Гнесь І.П. Вплив поверховості житла на здоров'я мешканців / І.П. Гнесь // Архітектура: зб. наук праць. – Львів: Видавництво Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2013. – №757. – С.67-69.
88. Hnes I., Ivanochko U. Spatial and social aspects of creating the housing environment in big cities // Rocznik Lubuski:Rewitalizacja społeczna. Systemowe i mentalne uwarunkowania. Pod redakcj Jerzego Leszkowicz-Baczyńskiego. Zielona Góra, 2019. – Tom 45, część 2. – P. 51-68.
89. Hnes I., Ivanochko U., Voloshyn M. Potential of the city authority in the formation of socially comfortable housing environment // Architectural Studies. – Volume 6, Number 1, 2020. – P. 10-17.
90. Hnes'І.Р. Social and Psychological Factors for Diversification of Typological Structure of Apartment Buildings in Ukraine / І.Р. Hnes' // European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches": Papers of 1st International Scientific Conference (Volume 1), Desember 17–19, 2012, Stuttgart, Germany. – Stuttgart: ORT Publishing, 2012. – P. 436-440.
91. STEVENSON J. Demolition decisions: the council that may knock down all its high rises [Електронний ресурс] / JILL STEVENSON // Inside housing. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.insidehousing.co.uk/insight/insight/demolition-decisions-the-council-that-may-knock-down-all-its-high-rises-55638>.
92. Житловий комплекс "Вілла Магнолія" [Електронний ресурс] // Archchannel. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://archchannel.com/zhytlovyi-kompleks-villa-mahnoliia-mlviv>.

93. Giecewicz J. Mieszkanie. problem publiczny, społeczny czy prywatny? / Joanny Giecewicz. – Warszawa: Mieszkalnictwo, 2017. – 174 с. – (Seria wydawnicza Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej).
94. Рашев В.С./Анализ внедрения технологии информационного моделирования/ Вестник Евразийской науки 2020, №3, Том 12., 13с.
95. Трач Р.В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку / Р.В. Трач // Глобальні та національні проблеми економіки. – Миколаїв, 2017. – Вип. 16. – С. 490-495.
96. Возврат инвестиций в технологию BIM – Autodesk.– 2007/ – 345 с
97. Гоц Х.М. Використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних будівель / Х.М. Гоц // Управління розвитком складних систем, зб.наук.праць. – К.: КНУБА, 2011. – С. 100-106.
98. Барабаш М./Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта/ М. Барабаш, К.Київська// Управління розвитком складних систем. – 2016. – №25.-С. 114–120.
99. Ніколаєва К.В, Койбічук В.В. Дискретний аналіз. Графи та їх застосування в економіці. Навчально-метод. посібник – Суми. УАБС НБУ. 2007-84с.
100. Іглін С.П. Теорія графів. Лекції та варіанти індивідуальних домашніх завдань. Навчальний посібник,/1-26 С.П. Іглін – Харків НТУ «ХП» 2017-146с.
101. Дорф Р, Бишоп Р. Современные системы управления DJVU. Раздел: Автоматизация (ТАУ) Пер.с англ. Б.И. Копылова.- М Лаборатория базовых знаний,2002 Изменен 10.07.2020 -832с.- ISBN 5-93208-119-8.
102. Дьяконов В.П, Круглов В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб: Питер,2001 Изменен 11.12.2021-448с.
103. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики DJVU. Раздел: Информатика и вычислительная техника Кибернетика 3-е изд. перераб. и доп.Изменен20.05.2021М:Энергоатомиздат,1987,20.05.2021 с.496.
104. ЭшбиУ.Р.Введение в кибернетику DJVU. Кибернетика. М.: Иностранная литература, 1959, Изменен 21.11.2020– 432с.
105. Організація будівництва. За редакцією С.А. Ушацького. Підручник. К.: Кондор,2007. –521 с..
106. Савенко В.І.,Шебек М.О., Шатрова І.А.та ін.Організація виробництва Методичні вказівки –К.КНУБА 2019 – с.31
107. А.Ю. Михайлов Организация строительства и календарное сетевое планирование .М. Издательство: Инфра-Инженерия 2020 -226с.

108. Савенко В.І., Шатрова І.А., Рудник Т.С. та ін. Методичні вказівки до побудови і розрахунку сітьових графіків графо-аналітичним та табличним способами. КНУБА –К 2016 с.21
109. Лівінський О.М., Курок О.І., Савенко В.І, та ін. Організація, планування та управління будівництвом.–К (УАН) «МП Леся» 2016 -567с ISBN 978-966-7166-31-1
110. Воскресенский И. Н. Гармония и экология: пути интеграции / И. Н. Воскресенский. – Ландшафтная архитектура. Дизайн. – 2004. – № 3. – С. 66–74.
111. Смоляр И.М. Экологические основы архитектурного проектирования / И.М. Смоляр, Е.М. Микулина, Н.Г. Благовидова. – М. : Академия, 2010. – 157 с.
112. Забелина Е. В. Поиск новых форм в ландшафтной архитектуре : учеб. пособие / Е. В. Забелина. – Москва: Архитектура–С, 2005. – 160 с.
113. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. - Киев: Высшая школа, 1986. - 352 с.
114. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами, М.: Издательство АСВ, 2008. 272 с.
115. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02.84. - М.: Стройиздат, 1985. - 131 с.
116. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. — Л.: Химия, 1987, 208 с.
117. Линевич С.Н., Гетманцев С.В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. Южно-Российский государственный технический университет; ОАО «АУРАТ». М.: Наука, 2007. 230 с. ISBN 978-5-02-036630-5.
118. Кудрявцев П.Г., Недугов А.Н., Рябов В.А., Волкова М.А., Кайсин А.В., Коротаев И.М., Коркин А.М. Способ получения алюминиево-кремниевого флокулянта-коагулянта и способ очистки воды с его использованием. Патент РФ № 2388693, по заявке № 2008131241 от 28.07.2008.
119. Недугов А.Н., Волкова М.А., Кайсин А.В., Кудрявцев П.Г., Кудрявцев Н.П., Порошина Н.В., Рябов В.А. Способ получения композиционного алюминий-кремний-коагулянта-флокулянта. Патент РФ № 2447021, по заявке № 2010133345/05, 9.08.2010.
120. Недугов А.Н., Волкова М.А., Кайсин А.В., Кудрявцев П.Г., Кудрявцев Н.П., Порошина Н.В., Рябов В.А. Способ получения железо-кремниевого флокулянта-коагулянта и способ водоподготовки. Патент РФ № 2438993, по заявке № 2010133344/05, 9.08.2010.

121. Kudryavtsev P.G. Kudryavtsev N.P. New high-tech composite flocculants-coagulants as an alternative to the known reagents for water treatment, International Scientific Journal "Alternative Energy and Ecology" (ISJAE), №11-12, (199-200), 2016, p.93-103, doi: 10.15518/isjaee.2016.11-12.093-103.
122. Kudryavtsev P.G., Kudryavtsev N.P. New Composite Flocculants – Coagulants as an Alternative to the Known Water Treatment Agents. Journal "Scientific Israel-Technological Advantages", Vol.18, № 3, 2016, pp.84-97, ISSN: 1565-1533
123. Kudryavtsev P.G., Kudryavtsev N.P., Figovsky O.L. Matrix-isolated nanocomposite flocculants, coagulants for purification of natural and waste waters from oil pollution, Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference «NANOTECHOILGAS-2016»; Moscow, November 22-24, 2016, Moscow, Oil & Gas, 2016, p.91-96.
124. Kudryavtsev P.G., Kudryavtsev N.P., Figovsky O.L. Purification of industrial and wastewater using matrix-isolated nanocomposite flocculant-coagulants. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 3, pp. 44–61. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-44-61.
125. Kudryavtsev P., Figovskiy O. Matrix-Isolated Nanocomposites - Alumina-Silicon Flocculants-Coagulants, Journal of Physical Science and Application, Vol. 7, № 3, 2017, p. 25-36, DOI:10.17265/2159-5348/2017.03.003
126. Кудрявцев П., Фиговский О., Кудрявцев Н. Очистка природных и сточных вод с применением новых композиционных флокулянтов-коагулянтов, Инженерный Вестник Дона, №4, 2017, p.1-18 ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4572.
127. Кудрявцев П.Г., Кудрявцев Н.П. Очистка сточных вод с использованием матрично-изолированных нанокompозитных флокулянтов-коагулянтов, Электронный научный журнал, Инженерный Вестник Дона, №3 (2018), p. 1-32, ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5045.
128. Kudryavtsev P., Kudryavtsev N. New Composite Flocculants-Coagulants Using for the Purification of Natural Surface Water. Journal "Scientific Israel-Technological Advantages", Vol. 22, no.2, 2020, p. 46-78
129. Kudryavtsev P., Kudryavtsev N. Treatment of Natural Surface Waters Using New Composite Flocculants-Coagulants. International Journal of Hydrology (IJH), 2020; vol. 4, Iss. 5, p. 211–227. DOI: 10.15406/ijh.2020.04.00248
130. Классен В.И. и др. Магнитная обработка пульпы перед пиритной флотацией // Цв. металлы. 1969. № 6.
131. Классен В.И., Орел М.А., Цапков Н.Т., Кабирова Р.А. Об улучшении флотации несulfидных минералов магнитной обработкой водных растворов реагентов. Изв. вузов. Цв. металлургия. 1968. №1.

132. Классен В. И. Омагничивание водных систем. — 2-е изд., М.: Химия, 1982. 296 с.
133. Шахов А. И., Ширяев А. В., Душкин С. С. Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1963, № 11—12. с. 214—217.
134. Шахов А. И., Душкин С. С. — Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1963, № 11-12, с 214-215.
135. Долин П.И., Шубин В.Н., Брусенцева С.А. Радиационная очистка воды. - М.: Наука, 1973, 152 с.
136. Кундо Н.Н., Иванченко В.А., Слюдкин О.П. и др. Воздействие электронного пучка на водные растворы солей хрома (VI)// Химия в интересах устойчивого развития. 1999.- 7.-С.491.
137. Даниленко Н.Б., Савельев Г.Г., Яворский Н.А. и др. Очистка воды от As(V) электроимпульсной обработкой активной металлической загрузки // ЖПХ.- 2005.-№ 10.-С. 1659.
138. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами, М.: АСВ, 2008.- 285 с.
139. Gao B.Y., Yue Q.Y., Wang B.J., Chu Y.B. Poly-aluminum-silicate-chloride (PASiC)—a new type of composite inorganic polymer coagulant, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 229, Iss. 1–3, 2003, p. 121-127, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2003.07.005>.
140. Gao B.Y., Hahn H.H., Hoffmann E. Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment, Water Research, Vol. 36, Iss. 14, 2002, p. 3573-3581, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00054-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00054-4).
141. Стрелков А.К., Быков Д.Е., Назаров А.В. Синтез и применение комплексных фосфатных солей алюминия в качестве коагулирующих систем. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000, № 2, с.20.
142. Kudryavtsev P., Kudryavtsev N. New Composite Flocculants-Coagulants Using for the Purification of Natural Surface Water. Journal “Scientific Israel-Technological Advantages”, Vol. 22, no. 2, 2020, p. 46-78
143. <http://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21277/> Екологічні наслідки військових дій: фактори впливу.
144. Архіпова Г.І., Мудрак Т.О., Завертана Д.В. Вплив надлишкового вмісту важких металів у питній воді. на організм людини / Г.І.Архіпова, Т.О.Мудрак, Д.В. Завертана //(Вісник НАУ (2010. (№1. (С. 232-235.
145. Микитюк О.М., Грицайчук В.В., Золотін О.З, Маркіна Т.Ю. Основи екології: навчальний посібник.— 2-е вид., стерео-типне. – Харків: «ОВС», 2004.—144с.
146. Попов О.О. Європейські принципи організації моніторингу довкілля / О.О. Попов // Моделювання та інформаційні технології.— 2014.— Вип.71.—С.13-29.

147. Одосій Л.І. Вплив техногенного навантаження військової діяльності на стан ґрунтово-водного середовища / Л.І. Одосій, О.М. Стаднічук, С.М.Свідерок та ін.. // – Військово-технічний збірник, – 2015р. – № 12. – С. 91-95.
148. Міхалєва М. С. Електрофізичні параметри багатокомпонентних рідин у електромагнітному полі./ Міхалєва М. С., Столярчук П.Г., Бадікова Н.О. //– Львів, 2016. –178с.
149. Міхалєва М.С., Світлик І.В. Можливості використання електрохімічних технологій для модифікування властивостей та контролю якості води Технологічний аудит та резерви виробництва – 2014. - № 1/4(15) – С. 4-6
150. Походило Є.В. Імітансний контроль якості [Текст]: монографія / Є.В. Походило, П.Г. Столярчук.– Львів: Львівська політехніки, 2012.– 164 с.
151. Міхалєва М., Обуховська Н. / Нові гідробіологічні якості питної води, як харчового продукту номер один / М. Міхалєва, Н. Обуховська // Вимірювальна техніка та метрологія. /–2010. – №71. –С.148-152.
152. Осадча Н.М., Набиванець Б.Б., Яцюк В.М. /Аналіз оцінки якості води в Україні та основні завдання її адаптації до Європейського законодавства / Н.М. Осадча, Б.Б. Набиванець, В.М. Яцюк // Наукові праці УкрНДГНІ. – 2013. –№2065.– С.46-52.
153. Бурков В. Н., Новиков Н. А. Введение в теорию управления организационными системами. Москва: ЛИБРОКОМ, 2009. 264 с.
154. Коваленко И. И., Драган С. В., Швед А. В. Моделирование организационных структур методами графодинамики. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. 2011. № 5 (440). С. 125–131.
155. Коваленко И. И., Приходько С. Б., Пугаченко К. С., Швед А. В. Графодинамическое имитационное моделирование задач управления составом организационных систем. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. 2013. Вип. 5 (88). С. 50–60.
156. Коваленко И. И., Швед А. В., Кобылинский И. А. Информационные технологии графодинамического моделирования структур организационных систем. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2012. № 1 (44). С. 59–64.
157. Коваленко И. И., Швед А. В., Пугаченко Е. С. Экспертное ранжирование иерархических организационных структур с использованием метода анализа иерархий и теории свидетельств. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2013. № 1 (46). С. 67–71.
158. Kovalenko I., Shved A., Davydenko Y. (2020). Graph dynamical modeling of organizational systems structures. Computer Science and Engineering. 2020. No. 1 (1). P. 1–19. doi: 10.26693/cse2020.01.001.

159. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. 1022 с. ISBN 5-238-00013-8
160. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
161. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.
162. Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях: учебно-методическое пособие. СПб.: ЮТАС, 2007. 104 с.
163. Ногин В. Д. Проблема сужения множества Парето: подходы к решению. Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 98–112.
164. Подиновский В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений: учебное пособие. Москва: Физматлит, 2007. 64 с.
165. Айзерман М. А., Гусев Л. А., Петров С. В., Смирнов И. М. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики). Автоматика и телемеханика. 1977. Ч. 1. № 7. С. 135–151.
166. Айзерман М. А., Гусев Л. А., Петров С. В., Смирнов И. М. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики). Автоматика и телемеханика. 1977. Ч. 2. № 9. С. 123–136.
167. Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Searching for Pareto-optimal solutions. *Advances in Intelligent Systems and Computing IV. CSIT 2019 / N. Shakhovska, M. Medykovskyu (eds.). 2020. Vol. 1080. P. 121–138. doi: 10.1007/978-3-030-33695-0_10.*
168. Kovalenko I., Shved A., Davydenko Y. Choice of software development technologies based on pareto-optimal solutions. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University. 2019. Vol. 95. No. 3. P. 24–32. doi: 10.33108/visnyk_tntu2019.03.116.*
169. Ужга-Ребров О. И. Управление неопределенностями. Часть 3 «Современные невероятностные методы». Резекне: RA Izdevnieciba, 2010. 560 с. ISBN 978-9984-44-041-5
170. Dempster A. P. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *Annals of Mathematical Statistics. 1967. Vol. 38(2). P. 325–339. doi: 10.1214/aoms/1177698950*
171. Shafer G. A mathematical theory of evidence. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976. 314 p. ISBN 978-0691100425

172. Beynon M. J., Curry B., Morgan P. The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling. *Omega*. 2000. Vol. 28(1). P. 37–50. doi: 10.1016/S0305-0483(99)00033-X
173. Евневич М. Эффективность аппарата управления и его организационной структуры. *Top-Manager*. 2004. № 15. 7–9 с.
174. Kuchuk N., Mohammed, A. S., Shyshatskyi, A. and Nalapko, O(2019). “The method of improving the efficiency of routes selection in networks of connection with the possibility of self-organization”. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 8. 1. 1–6, DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/0181.22019>.
175. Sova, O, Turinskyi, O., Shyshatskyi, A., Dudnyk, V., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Ye., Hurskyi, T., Hordiichuk, V., Nikitenko, A. and Remez, A (2020). “Development of an algorithm to train artificial neural networks for intelligent decision support systems”. 1, 9 (103). DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192711>.
176. Narendra, K. S. and Parthasarathy, K(1990). “Identification and control of dynamical systems using neural networks”. *IEEE Trans. on Neural Networks*. 4-26. DOI: 10.1109/72.80202.
177. Zhou, X., Zhuge, Q., Qiu, M., Xiang, M., Zhang, F., Wu, B., Qiu, K. and Plant D V(2018). “Bandwidth variable transceivers with artificial neural network-aided provisioning and capacity improvement capabilities in meshed optical networks with cascaded ROADM filtering. *Optics Communications*, 409, 23–33. DOI:10.1016/j.optcom.2017.09.021.
178. Бодянский Е. В., Струков В.М., Узлов Д.Ю (2017). “Обобщенная метрика в задаче анализа многомерных данных с разнотипными признаками”. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 3(52), 98–101. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17760>.
179. Zhou, S., Yin, Z., Wu, Z., Chen, Y., Zhao, N. and Yang, Z(2019). “A robust modulation classification method using convolutional neural networks”. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2019(1). 1–15. DOI 10.1186/s13634-019-0616-6.
180. Заграновская, А. В., Эйснер, Ю. Н(2017). Моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. *Современная экономика: проблемы и решения*, 10 (94), 33–47. DOI: 10.17308/meps.2017.10/1754.
181. Симанков, В. С., Пулято, М. М(2013). Исследование методов когнитивного анализа. *Системный анализ, управление и обработка информации*, 13, 31–35.
182. Onykiy, B., Artamonov, A., Ananieva, A., Tretyakov, E., Pronicheva, L., Ionkina, K., Suslina, A(2016). Agent Technologies for Polythematic Organizations Information-Analytical Support. *Procedia Computer Science*., 88, 336–340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.445>.

183. Ko Y.-C., Fujita, H(2019). An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences.*, 486, 190–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>.
184. Çavdar, A. B., Ferhatosmanoğlu, N(2018). Airline customer lifetime value estimation using data analytics supported by social network information. *Journal of Air Transport Management.* 2018. Vol. 67. pp. 19–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.10.007>.
185. Shyshatskyi, A., Zvieriev, O., Salnikova, O., Demchenko, Ye., Trotsko, O. and Neroznak, Ye(2020). Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering.* 9, 4, 5583–5590 DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.
186. Malik, S., Kumar, S (2017). “Optimized Phase Noise Compensation Technique using Neural Network. *Indian Journal of Science and Technology*”, 10(5), 1-6, DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i5/104348.
187. Zhang, D., Ding, W., Zhang, B., Xie, C., Li, H., Liu, C. and Han, J(2018). Automatic Modulation Classification Based on Deep Learning for Unmanned Aerial Vehicles. *Sensors.* 18(3):924. 1–15. DOI 10.3390/s18030924.
188. Zhyvotovskiy, R.M., Shyshatskyi, A.V. and Petruk S.N(2017). Structural-semantic model of communication channel. 4th International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology” (PICS&T-2017). 10-13 October 2017. Kharkiv, Ukraine. 524 – 529. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246454.
189. Harding, J. L(2013). “Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges”. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* XL-2/W1. 59–63. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013.
190. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A. and Váncza, J(2019). Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals.* 68. 1. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>.
191. Тимчук С(2017). “Методика комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу”. *Traektoriâ Nauki. Path of Science.* 3, 3, 4.1–4.9. DOI: 10.22178/pos.20-4.
192. S. Kalantaievska, H. Pievtsov, O. Kuvshynov, A. Shyshatskyi, S. Yarosh, S. Gatsenko, H. Zubrytskyi, R. Zhyvotovskiy, S. Petruk and V. Zuiko. Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Vol 5, No. 9 (95) (2018): pp 60–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085>.

193. N. Kuchuk, A. S. Mohammed, A. Shyshatskyi, O. Nalapko. The method of improving the efficiency of routes selection in networks of connection with the possibility of self-organization”, *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2019. Vol. 8. No. 1, pp. 1–6, DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/0181.22019>.
194. J. Zhang, W. Ding. Prediction of Air Pollutants Concentration Based on an Extreme Learning Machine: The Case of Hong Kong. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017. Vol. 14. No. 2. pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14020114>.
195. L. Katranzhy, O. Podskrebko, V. Krasko. Modelling the dynamics of the adequacy of bank’s regulatory capital. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018; Vol. 4. No. 1. pp. 188-194. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-1-188-194>
196. E. Manea, D. Di. Carloa, D. Depellegrin, T. Agardy, E. Gissi. Multidimensional assessment of supporting ecosystem services for marine spatial planning of the Adriatic Sea. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 101. pp. 821–837. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.017>.
197. A. B. Çavdar, N. Ferhatosmanoğlu. Airline customer lifetime value estimation using data analytics supported by social network information. *Journal of Air Transport Management*. 2018. Vol. 67. pp. 19–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.10.007>.
198. G.I. Kachayeva, A.G. Mustafayev The use of neural networks for the automatic analysis of electrocardiograms in diagnosis of cardiovascular diseases. *Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences*. 2018. Vol. 45. No. 2. pp. 114-124. DOI: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2018-45-2-114-124>.
199. V. V. Zhdanov. Experimental method to predict avalanches based on neural networks. *Lёд i Sneg*. 2016. Vol. 56. No. 4. pp. 502–510. DOI: <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-502-510>.
200. A. Kanev, A. Nasteka, C. Bessonova, D. Nevmerzhitsky, A. Silaev, A. Efremov, K. Nikiforova. Anomaly Detection in Wireless Sensor Network of the “Smart Home” System. *Proceeding of the 20th conference of fruct association*. 2017. Vol. 776. No.20. pp. 118–124. DOI: <https://doi.org/10.23919/FRUCT.2017.8071301>.
201. M. Sreeshakthy, J. Preethi. Classification of human emotion from deep EEG signal using hybrid improved neural networks with Cuckoo search. *Brain: Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2016. Vol. 6. No. 3–4. pp. 60–73.
202. J. F. Chica, S. Zaputt, J. Encalada, C. Salamea, M. Montalvo. Objective assessment of skin repigmentation using a multilayer perceptron. *Journal of Medical Signals and Sensors*. 2019. Vol. 9. No. 2. pp. 88–99 DOI: https://doi.org/10.4103/jmss.JMSS_52_18.

203. L.V. Massel, O. M. Gerget, A. G. Massel, T. G. Mamedov. The use of machine learning in situational management in relation to the tasks of the power industry. EPJ Web of Conferences. 2019. Vol. 217. pp. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/201921701010>.
204. K. Abaci, V. Yamacli. Hybrid artificial neural network by using differential search algorithm for solving power flow problem. Advances in Electrical and Computer Engineering. 2019. Vol. 19. No 4. pp. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.4316/AECE.2019.04007>.
205. O. S. Mishchuk, P. B. Vitynskyi. Neural network with combined approximation of the surface of the response. Research Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". 2018. No. 2. pp. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.20535/1810-0546.2018.2.129022>.
206. M. Kazemi, M. Faezirad. Efficiency estimation using nonlinear influences of time lags in DEA Using Artificial Neural Networks. Industrial Management Journal. 2018. Vol. 10. No. 1. pp. 17–34. DOI: [10.22059/imj.2018.129192.1006898](https://doi.org/10.22059/imj.2018.129192.1006898).
207. G. Parapuram, M. Mokhtari, J. B. Hmida. An artificially intelligent technique to generate synthetic geomechanical well logs for the Bakken formation. Energies. 2018. Vol. 11 (3). No. 680. pp. 1-26. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11030680>.
208. N. G. Prokoptsev, A. E. Alekseenko, Y. A. Kholodov. Traffic flow speed prediction on transportation graph with convolutional neural networks. Computer Research and Modeling. 2018. Vol. 10. Iss. 3. pp. 359–367. DOI: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2018-10-3-359-367>.
209. Ye. Bodyanskiy, I. Pliss, O. Vynokurova. Flexible neo-fuzzy neuron and neuro-fuzzy network for monitoring time series properties. Information Technology and Management Science. 2013. No. 16. pp. 47–52.
210. Ye. Bodyanskiy, I. Pliss, O. Vynokurova. Flexible wavelet-neuro-fuzzy neuron in dynamic data mining tasks. Oil and Gas Power Engineering. 2013. Vol. 2. No.20. pp. 158–162.
211. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, Inc., 1999. 842 p
212. Nelles O. Nonlinear System Identification. Berlin: Springer. 2001. 785 p.
213. L.-X. Wang, J. M. Mendel. Fuzzy basis functions, universal approximation and orthogonal least squares learning. IEEE Trans. on Neural Networks. 1993. Vol. 3. pp. 807-814.
214. T. Kohonen Self-Organizing Maps. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 362 p.
215. N. Kasabov. Evolving Connectionist Systems. London: Springer. Verlag, 2003. 307 p.

216. M. Sugeno, G. T. Kang. Structure identification of fuzzy model. *Fuzzy Sets and Systems*. 1998. No. 28. pp. 15–33.
217. L. Ljung. *System Identification: Theory for the User*. Upper Saddle River: Prentice Hall, Inc., 1987. 432 p.
218. P. Otto A new learning algorithm for a forecasting neuro-fuzzy Network. *Integrated Computer-Aided Engineering*. 2003. Vol. 10. No. 4. pp 399–409.
219. K. S. Narendra, K. Parthasarathy. Identification and control of dynamical systems using neural networks. *IEEE Trans. on Neural Networks*. 1990. No. 1. pp. 4-26.
220. S.N. Petruk, R.M. Zhyvotovskiy, A.V. Shyshatskiy. Mathematical Model of MIMO. 5th International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology” (PICS&T-2018). 9-12 October 2018. Kharkiv, Ukraine. P. 7 – 12. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632163.
221. R.M. Zhyvotovskiy, A.V. Shyshatskiy, S.N. Petruk. Structural-semantic model of communication channel. 4th International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology” (PICS&T-2017). 10-13 October 2017. Kharkiv, Ukraine. P. 524 – 529. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246454.
222. I. Alieinykov, K. A. Thamer, Y. Zhuravskiy, O. Sova, N. Smirnova, R. Zhyvotovskiy, S.Hatsenko, S. Petruk, R. Pikul, A. Shyshatskiy. Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 6. No. 2 (102). 2019. pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394>.
223. A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskiy, Y. Prokopenko, T. Hurskiy, A. Yefymenko, Y. Kalashnikov, S. Petruk, A. Shyshatskiy. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5. No. 9 (101). 2019. pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>.
224. Soboyejo, Winston O. (2003). "6 Introduction to Dislocation Mechanics". *Mechanical properties of engineered materials*. New York: Marcel Dekker. ISBN 0-8247-8900-8. OCLC 50868191
225. Hull, D.; Bacon, D. J. (2001). *Introduction to dislocations* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
226. Courtney, T. H. (2000). *Mechanical behavior of materials*. Long Grove, IL: Waveland.
227. Marc André Meyers, Krishan Kumar Chawla (1999) *Mechanical Behaviors of Materials*. Prentice Hall, pp. 228–31, ISBN 0132628171.

228. Koman B.P., Yuzevych V.M. Regularities of macroplastic deformation of narrow-band single crystals of $Cd_xHg_{1-x}Te$ solid solutions – in monograph: “State, trends and prospects of land sciences, environment, physics, mathematics and statistics development” Primedia eLaunch LLC Dallas, 2021, p.117– 130. ISBN978-1-63625-217-9. DOI: <https://doi.org/10.36074/stplsepmad.ed-1>
229. Коман Б.П. Влияние структурных дефектов на температурную зависимость микротвердости кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ / Коман Б.П., Пашковский М.В. // УФЖ. –1980. – Т. 25, №4. – С. 649–656.
230. Кузнецов Р.И. Пластическая релаксация напряжений в алюминии и меди / Р.И. Кузнецов, В.А. Павлов, В.Т. В.Т. Шматов // ФММ, 1966, Т. 21, 2. – С. 265–271.
231. Волощук А.И. Термическая активированная деформация урана / Волощук А.И., Конотоп Ю.Ф. // Физика металлов и металловедение – 1975.–Т.39, №5.– С. 347–353.
232. 9. Коман Б.П. Взаємозв’язок механічних та електрофізичних властивостей власнодефектних кристалів $Cd Hg Te$ / Б.П.Коман // Фізика і хімія твердого тіла – 2011, т.12, с.1018– 1025.
233. Haazen P. Kinkbildung in geladenen Versetzungen / P. Haazen // Phys. Status solidi A. –1975. –V. 28. –№1. – p. 145–155.
234. Никитенко В.И. Влияние точечных дефектов на профиль пайерлсовского рельефа / В.И.Никитенко // Сб.: Динамика дислокаций.– 1972–с.134–146.
235. Palagin V., Razumov-Fryziuk I., Botsman I., & Nevliudova, V. Development of multi-probe connecting devices on flexible polyimide base for MEMS components testing // 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). – IEEE, 2018. – PP. 232-235.
236. Технологічне забезпечення якості гнучких комутаційних структур: Монографія / І. Ш. Невлюдов, І. В. Боцман, В. В. Невлюдова, Є. А. Разумов-Фризюк. – Кривий ріг: КК НАУ, 2018. – 256 с.
237. Zharikova Irina. Electromagnetic Compatibility Analysis of the Infocommunication Systems Components on the Flexible Structures Basis / Irina Zharikova, Sergey Novoselov, Viktoriya Nevlyudova, Oleksandr Botsman // Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology. – October 13–15, 2015. – Kharkiv, Ukraine. – PP. 101-103.
238. Невлюдов І. Ш. Розробка параметричної моделі гнучких комутаційних структур для дослідження механічних впливів на них / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, І. В. Боцман, Н. П. Демська // XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів»: матеріали конференції (Кременчук, 2-4 листопада 2018 р.). – Кременчук: КрНУ, 2018. – С. 141-143.

239. V. Bortnikova, V. Yevsieiev, V. Beskorovainyi, I. Nevliudov, I. Botsman and S. Maksymova. Structural Parameters Influence on a Soft Robotic Manipulator Finger Bend Angle Simulation // 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 2019. – PP. 35-38.
240. Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Невлюдова В. В., Коробський В. В., & Власенков Д. П. До питань розробки математичних моделей управління ланками змієподібних роботехнічних систем // Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами» (ММП-2021), Коблево, 13-17 вересня 2021 р. Збірник праць. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – С. 103.
241. Стенд для динамічних випробувань гнучких комутаційних шлейфів та МЕМС-компонентів: патент № 108066 України на корисну модель: МПК G01M 7/02 (2006.01) / О. С. Боцман, І. В. Жарікова, В. В. Невлюдова, С. П. Новоселов та ін.; заявл. 12.02.2016; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. – 3 с.
242. Боцман І. В. Динамические испытания гибких коммутационных структур / И. В. Боцман, А. С. Боцман, В. В. Невлюдова // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій», м. Запоріжжя, 21-23 вересня 2016 р. – Запоріжжя: ЗНТУ. – С. 211-212.
243. Стрижевский И. В., Зиневич А. М., Никольский К. К. (1981). Защита металлических сооружений от подземной коррозии: Справочник. 2-е изд. перераб. доп. – М.: Недра. – 293 с.
244. Бэкман В., Швенк В. (1984) Катодная защита от коррозии / Пер. с нем. Под ред. И. В. Стрижевского. – М.: Металлургия. – 495 с.
245. Джала Р.М. (2009). Основи обстеження і контролю корозійного стану підземних трубопроводів // Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник / Під заг. ред. В.В. Панасюка – Т.11: Міцність і довговічність нафтогазових трубопроводів і резервуарів // Г.М. Никифорчин, С.Г. Поляков, В.А. Черватюк, І.В. Ориняк, З.В. Слободян, Р.М. Джала. – Львів: СПОЛОМ, Розд. 6. – С. 143–184.
246. Назарчук З.Т. Ред. (2018). Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: Довідн. посіб. Т.4: Електрофізичні методи неруйнівного контролю дефектності елементів конструкцій / Р. М. Джала, В.Р. Джала, І.Б. Івасів, В. Г. Рибачук, В. М. Учанін. / За ред. Р.М. Джали. – Львів: Простір-М. – 356 с.
247. Джала Р., Вербенец Б. Бесконтактный метод, приборы и новая технология обследований подземных трубопроводов / “Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья”: Материалы Международной научной конференции (11-13 июня 2015 года)- Том I. – Ашгабат: Ylum - 2015. – С. 128-129.

248. R.M. Dzhala, B.Ya. Verbenets', M.I. Mel'nyk, A.B. Mytsyk, R.S. Savula, O.M. Semenyuk (2017). New methods for the corrosion monitoring of underground pipelines according to the measurement of currents and potentials. *Materials Science*. Vol. 52, № 5. March 2017. P. 732-741.
249. Р. Джала, Б. Вербенець, М. Мельник, Р. Савула, О. Семенюк (2014). Контроль протикорозійного захисту магістральних трубопроводів за безконтактними вимірами струму в умовах завод. *Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. вип. № 10. Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів. Т.2.* – С. 539-544.
250. R. Dzhala, V. Dzhala, R. Savula, O. Senyuk, B. Verbenets' (2019). Determination of components of transient resistance of underground pipeline. *Elsevier Procedia Structural Integrity*, Vol. 16. – P. 218-222.
251. R. Dzhala, V. Dzhala, B. Horon, O. Senyuk, B. Verbenets. (2019). Information Technology of Surveys and Diagnostics of Underground Pipelines XIth International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT). – Lviv: Ivan Franko National University, IEEE Ukraine section. September 16-18, 2019.– IEEE Electronic Publication eCF Paper Id: 206299. Proceedings. – P. 214-217.
252. Джала Р.М., Дикмарова Л.П., Джала В.Р., Вербенець Б.Я. Електромагнетний контроль ізоляції підземних трубопроводів. Київ: Наукова думка - 2021. – 260 с.
253. Obshchiye polozheniya obespecheniya bezopasnosti atomnykh stantsiy OPB-88/97. NP-001-97 (PNAE G-01-011-97). Utverzhdeny postanovleniyem Gosatomnadzora Rossii №9 ot 14.11.97.
254. Pravila yadepnoy bezopasnosti peaktopnykh ustanovok atomnykh stantsiy. PBYA PU AS-89. Vvedeny v deystviye s 01.09.90.
255. Yu.K.Bibilashvili, N.B. Sokolov, L.N. Andreeva-Andrievskaya, V.Yu. Tonkov, A.V. Salatov, A.M. Morosov, V.P. Smirnov. The oxydized Zr1%Nb VVER-type fuel rod claddings heat resistance during quenching in loss of the coolant accident conditions. 6th International QUENCH Workshop, Forschungszentrum Karlsruhe, October 10-12, 2000.
256. Bibilashvili YU.K., Sokolov N.B., Dpanenko V.V. i dp. Vliyaniye vysokotemperaturnogo okisleniya i teplovykh udapov na defopmatsiyu do pazpusheniya obolochek tvelov iz splavov na osnove tsipkoniya.// *Vopposy atomnoy nauki i tekhniki. Sepiya: Matepialovedeniye i novyye matepialy*, 1991, vyp. 2(42), s.34-39.

257. Yu.k. Bibilashvily, N.B. Sokolov, L.N. Andreyeva-Andrievskaya, A.V. Salatov , A.M. Morozov. High-temperature Interaction of Fuel Rod Cladding Material (Zr1%Nb alloy) with Oxygen-containing Mediums. Proceedings of IAEA Technical Committee on Behaviour of LWR Core Materials under Accident Conditions, held in Dimitrovgrad, Russia, on 9-13 October 1995. IAEA-TECDOC-921, Vienna, 1996, pp. 117-128.
258. Tonkov V.YU., Kaptel'tsev A.M., Golikov I.V. i dp. Vliyaniye okisleniya v vodyanom pape na mekhanicheskiye svoystva splava Zr1%Nb v tempepatupnogm intervale 20-1000oS. // Vopposy atomnoy nauki i tekhniki. Sepiya: Matepialovedeniye i novyye matepialy. 1990, vyp.4 (38), s.7-11.
259. YU. Bibilashvily, N. Sokolov, L. Andreeva-Andrievskaya, YU. Vlasov, O. Nechaeva, A. Salatov Assesment of VVER Fuel Condition in Design Basis Accident. Proceedings of an international seminar, held in St. Constantine, Varna, Bulgaria, on 7-11 November 1994.
260. Semerak M.M. Research the behaviour and properties of WWER type fuel claddings from Zr1%Nb alloy in loss of the coolant accident / M.M. Semerak, S.S. Lys // Problems of atomic science and technology. – Kharkiv, 2021. – №2(132). – P. 80–86. <https://doi.org/10.46813/2021-132-080>
261. Петров, С. В. Энергоэффективные пароплазменные технологии переработки отходов : монография / С. В. Петров , В. А. Жовтянский ; ИГ НАН Украины. — Київ : Наук. думка, 2019. — 558 с.
262. Оценка экономической и экологической эффективности замещения технологии прямого сжигания твердого топлива пароплазменной газификацией / А.Ф. Булат, Л.Т. Холявченко, С.Л. Давыдов, С.А. Опарин // Доповіді Національної академії наук України. — 2017. — № 4. — С. 33-41.
263. Опарин С.А., Холявченко Л.Т., Давыдов С.Л. Критерии оценки и методика расчета технико-экономических показателей плазменной газификации углеродсодержащих сред // Вопросы химии и хим. технологии. — 2016. — 3 (107). — С. 70—76.
264. Klingenber C. P. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with procrustes methods / Klingenber C. P., McIntyre G. S. // Evolution. – 1998. – №5. – P. 1363–1375. (V. 52).
265. Pavlinov I. Ya. Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images / Pavlinov I. Ya. // Information technologies in biodiversity research. – St. Petersburg, 2001. – P. 41–90.
266. Rohlf F. J. Geometric morphometrics and phylogeny // Morphometrics, shape, and phylogeny / Rohlf F. J., MacLeod N., Forey P. – N.Y. : Taylor & Francis, 2002. – P. 175–193.

267. Glossary for geometric morphometrics / [Slice D. E., Bookstein F. L., Marcus L. F., Rohlf F. J., Corti M., Loy A.] // *Advances in morphometrics*. – N.Y. : Plenum Press, 1996. – P. 531–552.
268. Fisher E. C. A complex systems theory of technological change : a case study involving a morphometrics analysis of stone age flake debitage from the horn of Africa [Електронний ресурс] / Fisher E. C. – University of Florida, 2005. – Режим доступу до джерела : <http://purl.fcla.edu/fcla/etd/UFE0010480>
269. Демов О. Д. Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень / Демов О. Д., Коменда Н. В., Коменда Т. І. // *Промелектро*. – 2008. – № 4. – С. 22–25.
270. Демов О. Д. Морфометрія графіка електричних навантажень / Демов О. Д., Коменда Т. І., Коменда Н. В. // *Енергетика та електрифікація*. – 2009. – № 8. – С. 59–62.
271. Демов О. Д. Морфометрична оцінка добової нерівномірності навантаження. Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах / Демов О. Д., Коменда Н. В., Коменда Т. І. // *Матеріали II-ї міжнарод. наук.-техн. конф.* – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. – С. 53–57.
272. Коменда Н.В. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства / Коменда Н.В., Коменда Т.І., Демов О.Д.// *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. – 2010. –№ 27. – С.22–26.
273. Коменда Н. Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств / Н. Коменда // *X міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010)*. – Вінниця, 2010. – (19–21 жовтня). – С. 331.
274. Коменда Н. В. Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств / Коменда Н. В. // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2011. – №1. – С. 67–70.
275. Коменда Н. В. Морфометрична оцінка та критерій рівномірності графіка електричних навантажень / Коменда Н. В. // *Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах : Матеріали III-ї міжнарод. наук.-техн. конф.* – Луцьк : [б. в.], 2010. – С.107–109.
276. Коменда Н. В. Морфометрична оцінка та критерій рівномірності графіка електричних навантажень / Коменда Н. В. // *Вісн. нац. ун-ту „Львівська політехніка”*. – 2010. – №666. – С. 42–46. (Електроенергетичні та електромеханічні системи).
277. Гради Б. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения / Гради Буч [пер. с англ.]. – М. : Конкорд, 1992. – 519 с.

278. Грэхем И. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика / Грэхем Иан [пер. с англ.; 3-е изд.]. – М. : Издательский дом „Вильямс”, 2004. – 880 с.
279. Рабчук Н. Використання об’єктно-орієнтованих технологій для побудови математичних моделей / Рабчук Н., Гнатюк В. // 4th International modelling school of AMSE-UaPI. – Crimea (Ukraine): [б. в.]. – 2000. – Р. 223–224.
280. Данко П. Е. Высшая математика в упражнениях и задачах / Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. – М. : Оникс 21 век Мир и образование , 2007. – 416 с. (Ч. 2).
281. Техническая характеристика и устройство котлоагрегата ТП-100. – Харьков, 1985.
282. ASME PTC «Нагреватель воздуха. Дополнения к правилам проведения испытаний для определения эксплуатационных характеристик котельных установок» п. 4.3, 1991.
283. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Посібник. Том I і II / За ред. Й. С. Мисака. – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2008. – 1110 с.
284. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. ГДК 34.20.507. – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2003. – 508 с.
285. Трёмбовля В. И. и др. Теплотехнические испытания котельных установок. – М.: Энергия, 1977. – 290 с.
286. ГДК 34.09.103-96 «Розрахунок звітних техніко-економічних показників електростанцій про теплову економічність устаткування. Методичні вказівки». – Київ, 1996.
287. П. Гут, М. Клуб, Ю. Добрянський. Випробування регенеративних повітропідігрівників типу РПП-54М2 котла ТПП-100 ст. №7 // Технічний звіт, інв. №18826/2897. ЛьвівОРГРЕС, 2012.
288. Tiazhka O. V., Pochynok T. V., Balatska N. I. Vitamin D-status u ditei 10-18 rokiv m. Kyieva. Medytsyna transportu Ukrainy. 2012. №4. 76–79.
289. Ivanova V.D., Simakhina H.O. Tekhnolohiia pryrodnykh vitaminiv: navch. posibnyk. Kyiv: NUKhT, 2016. 343 s.
290. Slabkyi H. O., Bukhanovska T. M. Zberezhennia zdorovia pidrostaiuchoho pokolinnia na etapi reformuvannia systemy okhorony zdorovia. Visnyk sotsialnoi medytsyny ta orhanizatsii okhorony zdorovia. 2014. № 2. 23–28.
291. Kovtiuk N. I, Nechytailo Yu. M., Shkrobanets I. D., Mikhieieva T. M. Osoblyvosti zdorovia ta sposobu zhyttia shkoliariv z arterialnoiu hipertenziiieu. Mezhdunarodnyj zhurnal pediatrii, akusherstva i ginekologii. 2013. T. 4. № 1. 30.

292. Maidannyk V. H., Khaitovych M. V., Pavlyshyn H. A. Poshyrenist nadlyshkovoï masy tila ta pidvyshchenoho arterialnogo tysku sered shkolariv riznykh rehioniv Ukrainy. *Mezhdunarodnyj zhurnal pediatrii, akusherstva i ginekologii*. 2013. T. 3. № 1. 33–39.
293. Bukhanovska T. M., Maltseva L. O., Andreichyn L. V. Stan zdorovia suchasnykh shkolariv, shliakhy yoho zberezhennia ta polipshennia. *Ukraina. Zdorovia natsii*. 2012. №1. 44–51.
294. Evstaf'eva E. V., Slyusarenko A. E., Moskovchuk K. M. Imunnyj i elementnyj status nekotoryh kategorij detej. *Perinatologiya i pediatriya*. 2012. № 3. 93–95.
295. Marushko Yu. V., Hrachova M. H. Zabezpechennia okremymy mikroelementamy ta vitaminamy ditei shkilnogo viku z riznoiu somatychnoiu patolohiieiu. *Materialy Mizhnarodnoi konferentsii «Intehratyvna medytsyna»*(m. Kyiv, 18 travnia 2013r.). Kyiv, 2013. 88–91.
296. Marushko Yu. V. Vitaminno-mineralna zabezpechenist ditei za suchasnykh umov. *Zdorove rebenka*. 2015. №2 (61). 9–14.
297. Kovtiuk N. I., Nechytailo Yu. M. Osoblyvosti kharchuvannia ta formuvannia yoho stereotypiv u suchasnykh shkolariv. *Mezhdunarodnyj zhurnal pediatrii, akusherstva i ginekologii*. 2014. T. 5. № 2. 10–14.
298. Zubar N.M. *Osnovy fiziolohii ta hihiieny kharchuvannia: Pidruchnyk*. K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2010. 336 s.
299. Kuchma V.R., Gorelova Zh.Yu. *Mezhdunarodnyj opyt organizacii shkol'nogo pitaniya. Social'naya pediatriya i organizaciya zdravoohraneniya*. 2008. T. 7. №2. 27–35.
300. Bundy D., Schultz L., Sarr B., Banham L., Colenso P., Drake L. *The School as a Platform for Addressing Health in Middle Childhood and Adolescence. Disease Control Priorities in Developing Countries*. 2017. Vol.8: Child & Adolescent Health Development. World Bank: Washington, DC
301. Determinants of change in physical activity in children and adolescents: a systematic review / C. Griffin, C. Craggs, K. Corner [et al.] // *Am J Prevent Med*. 2011. Vol. 40. No. 6. P. 645–658.
302. Pro zatverdzhennia norm ta Poriadku orhanizatsii kharchuvannia u zakladakh osvity ta dytiachykh zakladakh ozdorovlennia ta vidpochynku. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/305-2021-%D0%BF#n13>
303. Ukrainskij rynek kejteringa aktivno razvivaetsya. URL:<http://cateringconhttp://cateringconsulting.ru/publications/ukrainskiy-rynok-keyteringa-aktivno-razvivaetsya>
304. Drewnowski A., Popkin B. The nutrition transition: new trends in the global diet. *Nutrition Reviews*. Nutrition Reviews. 1997. Vol. 55. No. 2. P. 31–43.

305. Normy fiziologichnykh potreb naselennia Ukrainy v osnovnykh kharchovykh rehovynakh i enerhi. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#n14>
306. Мельник С.И., Никульшин В.Р., Денисова А.Е. Потенциалы энергосбережения в энерготехнологических системах производства сахара. Праці VII Міжнарод. конф. «Муніципальна енергетика: Проблеми, рішення». Миколаїв. 21-22 грудня 2017. – С. 31-33.
307. Preliminary check of PDF files [Electronic resource] - Access mode: <https://azbyka.com.ua/dizajn/kak-vypolnit-predvaritelnyu-proverku-fajlov-pdf/>
308. Adobe Acrobat X Pro [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://compuart.ru/article/21744>
309. Enfocus PitStop Pro [Electronic resource] - Access mode: <https://store.softline.ru/enfocus-software/wfsuite-183289/>
310. Shan Siqing, Xia Guoping and Yang Jicheng, "R&D on translation technique in enterprise information publishing management system," Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation (Cat. No.00EX393), 2000, pp. 2641-2645 vol.4, doi: 10.1109/WCICA.2000.862531.
311. N. Ahmed, J. Bryant, G. Hasseler and M. Paulini, "Enabling semantic technologies in publish and subscribe middleware," Proceedings of the 2015 IEEE 9th International Conference on Semantic Computing (IEEE ICSC 2015), 2015, pp. 338-343, doi: 10.1109/ICOSC.2015.7050831.
312. Козлов В. В. Щодо використання зв'язаних ресурсів при проектуванні організаційних структур. Бухгалтерський облік, аналіз та аудит: проблеми теорії, методології, організації. Збірник наукових праць. Випуск 1(6). – К.: НАСОА, 2011 р. – с. 116–123.
313. Козлов В. В. Сбітнев А. І. Систематизація та загальний аналіз сучасного стану прикладних задач розподілу зв'язаних ресурсів і методів їх розв'язку. Прикладна статистика: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 9 – Київ, НАСОА, 2011 – с. 96–103.
314. Козлов В. В. Сбітнев А. І. Алгоритми розподілу взаємопов'язаних ресурсів. Науковий вісник НАСОА щоквартальний збірник наукових праць № 4(39) - К. : ДП "Інформаційно-аналітичне агенство", 2013 с.104 – 108.
315. Козлов В. В. Сбітнев А. І. Формулювання задачі розподілу взаємопов'язаних ресурсів, як задачі математичного програмування. Науковий вісник НАСОА щоквартальний збірник наукових праць № 3(42) – К. : ДП "Інформаційно-аналітичне агенство", 2014. – с.86 – 90.
316. Козлов В. В. Сбітнев А. І. Пошук глобального екстремуму в задачі розподілу пов'язаних ресурсів. Науковий вісник НАСОА: зб. наук. пр.. № 4(55) – К. : ДП "Інформаційно-аналітичне агенство", 2017. – С. 87 – 92.

317. Родионов М.А. Информационно-аналитическое обеспечение управленческих решений: учеб. пособие. 2010. Москва. МИГСУ, 400 с.
318. Roy B. Multicriteria methodology for decision aiding. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 1996. 223 p.
319. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill. New York. 1980. 287 p.
320. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-making in fuzzy environment. Management Science. Vol.17. No.4. 1970. pp. 141–164.
321. Mamdani E.H., Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. Int. J. of Man-Machine Studies. Vol. 7. No. 1. 1975. P. 1–13.
322. Sugeno M. Industrial applications of fuzzy control. – Elsevier Science Pub. Co., 1985. – 269 p.
323. Fuller R. Neural Fuzzy Systems. Publishing House: Abo Akademi University. 1995. 348 p.
324. B. Onykiy, A. Artamonov, A. Ananieva, E. Tretyakov, L. Pronicheva, K. Ionkina, A. Suslina. Agent Technologies for Polythematic Organizations Information-Analytical Support. Procedia Computer Science. 2016. Vol. 88. pp. 336–340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.445>.
325. E. Manea, D. Di Carloa, D. Depellegrin, T. Agardy, E. Gissi. Multidimensional assessment of supporting ecosystem services for marine spatial planning of the Adriatic Sea. Ecological Indicators. 2019. Vol. 101. pp. 821–837. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.017>.
326. W. Xing, S. Goggins, J. Introne. Quantifying the Effect of Informational Support on Membership Retention in Online Communities through Large-Scale Data Analytics. Computers in Human Behavior. 2018. Vol. 86. pp. 227–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.042>.
327. Y.-C. Ko, H. Fujita. An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. Information Sciences. 2019. Vol. 486. pp. 190–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>.
328. A. B. Çavdar, N. Ferhatosmanoğlu. Airline customer lifetime value estimation using data analytics supported by social network information. Journal of Air Transport Management. 2018. Vol. 67. pp. 19–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.10.007>.
329. A. B.-C. Pilar, C.-F. B. Pérez, R. Sancho, M. Lorente, G. Sastre, C. González. A new tool for evaluating and/or selecting analytical methods: Summarizing the information in a hexagon. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019. Vol. 118. pp. 538–547. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.06.015>.

330. I. J. Ramaji, A. M. Memari. Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*. 2018. Vol. 90. pp. 117–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>.
331. C. J. Pérez-González, M. Colebrook, J. L. Roda-García, C. B. Rosa-Remedios. Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*. 2019. Vol. 120. pp. 167–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>.
332. H. Chen. Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*. Vol. 131. 2018. pp. 952–958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>.
333. H. K. Chan, X. Sun, S.-H. Chung. When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*. 2019. pp. 1–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>.
334. A. M. S. Osman. A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*. 2019. Vol. 91. pp. 620–633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>.
335. I. Gödri, C. Kardos, A. Pfeiffer, J. Váncza. Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*. Vol. 68. Issu. 1. 2019. pp. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>.
336. J. L. Harding. Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XL-2/W1. 2013. pp. 59–63. DOI: [10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013).
337. В. А. Рыбак, Ш. Ахмад. Аналитический обзор и сравнение существующих технологий поддержки принятия решений. *Системный анализ и прикладная информатика*. 2016. №3. С.12–18.
338. Родионов М.А. Проблемы информационно-аналитического обеспечения современного стратегического менеджмента. *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2014. №202. С. 65–69. DOI [10.26467/2079-0619-2014-0-202-65-69](https://doi.org/10.26467/2079-0619-2014-0-202-65-69).
339. Z. Bednář. Information Support of Human Resources Management in Sector of Defense. *Vojenské rozhledy*. 2018. Vol. 27(1). pp. 45–68. DOI: [10.3849/2336-2995.27.2018.01.45-68](https://doi.org/10.3849/2336-2995.27.2018.01.45-68).
340. В. Пальчук. Сучасні особливості розвитку методів контент-моніторингу і контент-аналізу інформаційних потоків. *Наукові праці Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського*. 2017. №48. С. 506–526.
341. S. A. Mir, T. Padma. Evaluation and prioritization of rice production practices and constraints under temperate climatic conditions using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol 14. No 4. pp. 1–13. DOI [10.5424/sjar/2016144-8699](https://doi.org/10.5424/sjar/2016144-8699).

342. Алейников І.В. Аналіз факторів, що впливають на оперативність процесу збору, обробки і передачі інформації про противника під час підготовки та ведення оборонної операції оперативного угруповання військ. // XVIII науково-технічної конференції “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”. Збірник тез доповідей. 2018. С. 38.
343. Алейников І.В., Животовський Р.М. Удосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення за рахунок формування інтегрованої інформаційної системи управління військами. // Збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”. Київ. 2018. С.165-166.
344. Шишацький А. В., Башкиров О. М., Костина О. М. Розвиток інтегрованих систем зв’язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. // Науково-технічний журнал “Озброєння та військова техніка”. 2015. № 1(5). С. 35 –40.
345. V. Dudnyk, Yu. Sinenko, M. Matsyk, Ye. Demchenko, R. Zhyvotovskiy, Iu. Repilo, O. Zabolotnyi, A. Simonenko, P. Pozdniakov, A. Shyshatskiy. Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 3. No. 2 (105). 2020. pp. 37–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>.
346. Sova, O., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., & Hrokholskiy, Y. Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 2021, No. 4, pp. 30-40. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>.
347. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., and Shyshatskiy, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, No. (4), pp. 78-89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
348. P. Zuiev, R. Zhyvotovskiy, O. Zvieriev, S. Hatsenko, V. Kuprii, O. Nakonechnyi, M. Adamenko, A. Shyshatskiy, Y. Neroznak, V. Velychko. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, Vol. 4, No. 9 (106), pp. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
349. A. Shyshatskiy, O. Zvieriev, O. Salnikova, Ye. Demchenko, O. Trotsko, Ye. Neroznak. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Vol. 9, No. 4, pp. 5583–5590 DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.

350. N. Yeromina, V. Kurban, S. Mykus, O. Peredrii, O. Voloshchenko, V. Kosenko, V. Kuzavkov, O. Babeliuk, M. Derevianko and H. Kovalov. The Creation of the Database for Mobile Robots Navigation under the Conditions of Flexible Change of Flight Assignment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2021. Vol. 11, Iss. 05., pp. 37. –41. https://doi.org/10.46338/ijetae0521_05.
351. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: “УНИВЕРСУМ”, 1999. 320 с.
352. Алпеева Е. А., Волкова И. И. Использование нечетких когнитивных карт при разработке экспериментальной модели автоматизации производственного учета материальных потоков. *Экономика и промышленность*. 2019. Том 12. №1. С. 97–106. DOI: 10.17073/2072-1633-2019-1-97-106.
353. Заграновская А. В., Эйсснер Ю. Н. Моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2017, №10 (94), С. 33–47. DOI: 10.17308/meps.2017.10/1754.
354. Симанков В. С., Путьято М. М. Исследование методов когнитивного анализа. *Системный анализ, управление и обработка информации*. 2013, № 13. С. 31–35.
355. Y.-C. Ko, H. Fujita. An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. *Information Sciences*. 2019. Vol. 486. pp. 190–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>.
356. I. J. Ramaji, A. M. Memari. Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*. 2018. Vol. 90. pp. 117–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>.
357. C. J. Pérez-González, M. Colebrook, J. L. Roda-García, C. B. Rosa-Remedios. Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. *Expert Systems with Applications*. 2019. Vol. 120. pp. 167–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>.
358. H. Chen. Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Procedia Computer Science*. Vol. 131. 2018. pp. 952–958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>.
359. H. K. Chan, X. Sun, S.-H. Chung. When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? *Decision Support Systems*. 2019. pp. 1–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>.
360. A. M. S. Osman. A novel big data analytics framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*. 2019. Vol. 91. pp. 620–633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>.

361. I. Gödri, C. Kardos, A. Pfeiffer, J. Váncza. Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. *CIRP Annals*. Vol. 68. Issu. 1. 2019. pp. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>.
362. J. L. Harding. Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XL-2/W1. 2013. pp. 59–63. DOI: [10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013).
363. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *Intern. Journal of Man-Machine Studies*. 1986., Vol. 1., pp. 65–75.
364. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2013. № 3. С. 239–250.
365. A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskiy, Y. Prokopenko, T. Hurskiy, A. Yefymenko, Y. Kalashnikov, S. Petruk, A. Shyshatskiy. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5. No. 9 (101). 2019. pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>.
366. Mahdi Q. A., Shyshatskiy A., Prokopenko Y., Ivakhnenko T., Kupriyenko D., Golian V., Lazuta R., Kravchenko S., Protas N. & Momit A. Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, Vol. 3, No. 9(111), pp. 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>.
367. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М., Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования. М.: Физматлит, 2003. —432 с.
368. Гороховатський В., Стяглик Н., Царевська, В. (2021). Комбінаційний метод прискороного метричного пошуку даних у задачах класифікації зображень. *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Том 5, № 3, с. 5–12. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>.
369. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, N. Побудова системи підтримки прийняття рішень на основі нечітких даних. *Сучасні інформаційні системи*, 2020, Том 4, № 4, с. 48–56. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>.
370. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, N. Метод ідентифікації профілів ботів на основі нейронних мереж у рекомендаційних системах. *Сучасні інформаційні системи*, Том 4, № 2, с. 24–28. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>.
371. Kuchuk, N., Merlak, V., & Skorodelov, V. Метод зменшення часу доступу до слабкоструктурованих даних. *Сучасні інформаційні системи*. 2020. Том 4, № 1, с. 97–102. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>.

372. Shyshatskyi, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Vokhno, T., & Lyashenko, A. Методика оцінки ефективності системи зв'язку оперативного угруповання військ. Сучасні інформаційні системи. 2020. Том 4, № 1, с. 107–112. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>.
373. Raskin, L., & Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(4 (83)), 23–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>
374. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., & Ugryn, D. Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017, Vol. 2, No. 2 (86), pp. 14–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
375. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., & Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the second-order adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, Vol. 2, No.9 (92), pp. 48–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>.
376. Gorbenko, I., & Ponomar, V. Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. Vol. 2, No. 9 (86), pp. 21–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>.
377. Lovska A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. №1. pp. 49 – 54.
378. Lovska Alyona, Fomin Oleksij. A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry. *Acta Polytechnica*. 2020. Vol. 60. Issue 6. pp. 478 – 485.
379. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. (2008). Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учебник. Москва: “КолосС”. 816 с. Klenin N., Kiselev S., Levshin A. (2008). Sel'skhozjajstvennyye i meliorativnyye mashiny. [Agricultural and reclamation machines]. Moscow: “KolosS”. [in Russia].
380. Горбатюк Є.В., Макарчук О.В. (2008). Вимоги до робочих органів машин для глибокого розпушування. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Всеукр. збірник наукових праць. Київ: КНУБА, 72, 77-80. Gorbatjuk Є., Makarchuk O. (2008). Vimogi do robochih organiv mashin dlja glibinnogo rozpushuvannja [Requirements for working parts of machines for deep loosening]. Kyiv: KNUCA. “Mining, construction, road and reclamation machines”, 72, 77-80. [in Ukrainian].

381. Фомін А.В., Пелевін Л.Є., Мельниченко Б.М. (2014). Зменшення опорів ґрунту зубу розпушника в режимі заглиблення робочого органа. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Харків: ХНАДУ, 65-66. 256-263. Fomin A., Pelevin L., Mel'nichenko B. (2014). Zmenschennja oporiv g'runtu zubu rozpushnyka v rezhymi zaglyblennja robochogo organa [Reduction of soil support of the loosener tooth in the mode of immersion of the working organ]. Kharkiv: KHADI. "Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University", 65-66. 256-263. [in Ukrainian].
382. Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph (2020). Hnes L., etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch. 356 p. Available at: <https://doi.org/10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III>.
383. Pelevin L., Gorbatyuk Ie., Zaichenko S., Shalenko V. (2017). Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 6, no. 2 (90): Information technology. Industry control systems, 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118429>
384. Романовський О.Л., Макарчук О.В. (2000). Розробка та випробування нових засобів розпушення підорних шарів ґрунту. Збірник наукових праць НАУ. Київ: НАУ, 9, 47-50. Romanovs'kyj O., Makarchuk O. (2000). Rozrobka ta vyprobuvannja novyh zasobiv rozpushennja pidornyh shariv ґruntu [Development and testing of new means of loosening suborbital layers of soil]. Kyiv: NAS. "Collection of scientific works of NAS", 9, 47-50. [in Ukrainian].
385. Макарчук О.В. (2006). Експериментальні дослідження самообертової фрези глибинного розпушувача локальної дії. Вісник НУВГП. Рівне: НУВГП, 2 (34), 90-95. Makarchuk O. (2006). Eksperymental'ni doslidzhennja samoobertovoi' frezy glybynnoho rozpushuvacha lokal'noi' dii' [Experimental studies of self-reversing milling cutter of a deep baking powder of local action]. Rivne: NUWEE, 2 (34), 90-95. [in Ukrainian].
386. Boucher, R.F. Advances in power fluidics. Fluid Contr. and Meas. Vol.1. – Oxford e.a., 1986. P.17–29.
387. Використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах будіндустрії / У державному комітеті з енергозбереження // Ринок інсталяцій. – 2004. – № 10 (93). – С.72.
388. Chernyuk, V.V., Pitsishin, B.S., Orel, V.I., Zhuk, V.M. Influence of Polyacrylamide Additions on the Head Loss in Abrupt Contractions and Expansions of Pipes. Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal. 2002. Vol. 75, Issue 4. P.115–122.
389. Пат. 47167 Україна, МПК G05D7/00, F17D1/00. Спосіб перерозподілу витрат плинного середовища / В.В. Чернюк, В.М. Жук, В.І. Орел (Україна); Нац. ун-т "Львівська політехніка". – №2001085746; Заявлено 14.08.2001; Опубл. 17.05.2004, Бюл. № 5. – 2 с.

390. Орел В. Регулювання витрати рідини у гідравлічній системі введенням у потік додатків // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехн.". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2002. – № 460. – С.172–175.
391. Orel, V.I., Cherniyk, V.V. The influence of polyacrylamide solution destruction on hydraulic resistance of instant pipe extension. Applied hydromechanics. 2005. Vol. 7 (79) № 1. P.50–55.
392. Orel, V.I. Influence of the polyacrylamide additives on the pressure losses of sudden narrowings and expansions in pipes: Thesis for a candidate's degree by speciality 05.23.16 hydraulics and engineering hydrology / Ukrainian State University of Water Management and Natural Resources Application. – Rivne, 2003. – 160 pp.
393. Чернюк В.В., Орел В.І., Піцишин Б.С. Вплив гідродинамічно активних додатків на гідравлічний опір раптових звужень труб // Промислова гідравліка і пневматика. – 2012. – № 1 (35). – С.15–21.
394. Чернюк В.В., Жук В.М. Розподіл витрат рідини між трубопроводами шляхом введення в потік додатків. Hydraulics and Hydraulic Engineering: The National Transport University collection of scientific and technical papers. 1998. Issue 59. P.39–43.
395. Kashlach, E.S., Berezina, E.M., Smirnova, A.S., Berezina, I.A., Manzhai, V.N., Fufaeva, M.S. Comparative assessment of drag reduction efficiencies of polymer solutions and surfactants at low temperatures / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
396. Ling, Fiona W.M., Abdulbari, Hayder A. Drag reduction by natural polymeric additives in PMDS microchannel: Effect of types of additives / MATEC Web of Conferences. Vol.111, 01001 (2017) FluidsChE 2017. – 5 pp.
397. А.с. 1681200 СССР, МКИ G 01N 15/00. Устройство для определения концентрации гидродинамически активных добавок в растворе / В.В. Чернюк, Р.М. Гнатив (СССР). – № 4694737/25; Заявлено 19.05.89; Опубл. 30.09.91, Бюл. № 36. – 3 с.
398. Порайко И.Н., Порайко Д.Н. Повышение пропускной способности потока полимерами, малорастворимыми в сплошной среде // Анот. в "Инж. - физ. журн.". - 1986. - Т.51, №5. - С.854-855. Деп. в ВИНТИ 26.06.86, №4663-В86
399. Мамонов В.Н., Миронов Б.П., Мустафаев Р.Ф., Гинзбург Д.И. Снижение гидродинамического сопротивления трения с помощью быстроприготовленных "растворов" полиэтиленоксида // РАН. Доклады Академии наук. – 1995. – Т.341, № 1. – С.53–56.
400. International Standard ISO 7148-2. Plain bearings – testing of the tribological behaviour of bearings materials. Part 2. Testing of polymer – based bearing materials. 10.01.2012.

401. Palabiyik, M., Bahadur S. Tribological studies of polyamide 6 and high-density polyethylene blends filled with PTFE and copper oxide and reinforced with short glass fibers. *Wear*, 2002, Vol. 253, pp. 369 – 376.
402. Kalácska G. An engineering approach to dry friction behaviour of numerous engineering plastics with respect to the mechanical properties. *eXPRESS Polymer Letters*, 2013, Vol.7 (2), pp. 199 – 210.
403. Mithun V., Kulkarni K., Elagovan K., Hemachandra R., Basappa S. J. Tribological behaviours of ABS and PA6 polymer metal sliding combinations under dry friction, waterabsorbed and elektroplated conditions. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2016. Vol. 11, No.1.
404. Pogačnik, A., Kupec A., Kalin M. Tribological properties of polyamide (PA6) in self-mated contacts and against steel as a stationary and moving body. *Wear*, 2017, Vol. 378–379, pp. 17 – 26.
405. De Almeida Rosa A.G., Moreto J.A., Manfrinato M.D., Rossino L.S.. Study on friction and wear behavior of SAE 1045 steel, reinforced nylon 6.6 and NBR rubber used in clutch disks. *Mat. Res.*, 2014, Vol.17, No.6, pp. 1397 – 1403.
406. Mens J.W.M., de Gee A.W.J. Friction and wear behaviour of 18 polymers in contact with steel in environments of air and water. *Wear*, 1991, Vol.149, pp. 255 -268.
407. Zsidai L, De Baets P, Samyn P, Kalacska G, Van Peteghem AP, Van Parrys F. The tribological behaviour of engineering plastics during siliding friction investigated with small scale specimens. *Wear*, 2002, Vol.253, pp. 673 – 688.
408. Seabra CL, Babtista MA. Tribological behaviour of food grade polymers against stainless steel in dry sliding and with sugar. *Wear*, 2002, Vol. 253, pp. 394 –402.
409. Pei X.Q., Friedrich K. Sliding wear properties of PEEK, PBI and PPP. *Wear*, 2012, Vol.274, pp. 452 - 455.
410. Rodriguez V., Sukumaran J., Schlarb A.K., De Baets P. Influence of solid lubricants on tribological properties of polyetheretherketone (PEEK), *Tribol. Int.*, 2016, Vol.103, pp. 45 – 57.
411. Panda S., Sarangi M., Roy Chowdhury S.K. An Analytical Model of Mechanistic Wear of Polymers. *Journal of Tribology* , 2018, Vol. 140 , 011609-1.
412. Jozwik J., Dziejczak K., Barszc M. and Pashechko M. Analysis and Comparative Assessment of Basic Tribological Properties of Selected Polymer Composites. *Materials*, 2020, Vol.13 (75), pp. 1 - 24.
413. Li W., Wood A.K., Weidig R. and Mao K. An Investigation on the Wear Behaviour of Dissimilar Polymer Gear Engagements. *Wear*, 2011, Vol.271, pp. 2176 - 2183.

414. Чернець М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. В 3-х томах. Т.1. Дослідження та розрахунок трибосистем ковзання, методи підвищення довговічності і зносостійкості. - Дрогобич: КОЛО, 2001.
415. Chernets M., Chernets Ju. The simulation of influence of engagement conditions and technological teeth correction on contact strength, wear and durability of cylindrical spur gear of electric locomotive. Proc. IMechE. Part J: Journal of Engineering Tribology, 2017, Vol. 231, No 1, pp. 57 – 62.
416. Czerniec M., Kornienko A. Prediction of the Service Life of Metal-Polymer Gears Made of Glass and Carbon Fibre-Reinforced Polyamide, Considering the Impact of Height Correction. Advances in Science and Technology Research Journal, 2020, Vol. 14, Issue 3, pp. 15 – 21.
417. Chernets M., Chernets J., Kindrachuk M., Kornienko A. Methodology of calculation of metal-polymer sliding bearings for contact strength, durability and wear. Tribology in Industry, 2020, Vol. 42, No. 4, pp. 572 - 581.
418. Краснянский Г.Л. Экономические аспекты развития топливно-энергетического комплекса России / Г.Л. Краснянский. – М. : Изд-во АГН, 2000. 128 с.
419. Макортецький М.М. Оптимальна структура вугільної продукції для ТЕС України з врахуванням імпорту / М.М. Макортецький, М.О. Перов, І.Ю. Новицький // Проблеми загальної енергетики. 2015. Вип. 3(42). С. 13-16.
420. Стогній О.В. Математична модель оптимальної структури вугільної продукції для ТЕС / О.В. Стогній, М.М. Макортецький, М.О. Перов // Проблеми загальної енергетики. 2013. Вип. 4(35). С. 41-46.
421. Макаров В.М, Макортецький М.М., Перов М.О. Моделювання оптимального забезпечення електроенергетики України вугільною продукцією із врахуванням екологічних обмежень. Інституціалізація як фактор забезпечення розвитку системи інвестиційно-інноваційної безпеки України: колективна монографія / За заг. ред. О.Л. Гальцевої. – Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 103-117.
422. Makarov V., Makortetskyi M., Perov M., Bilan T., Ivanenko N. (2022) Mathematical Model of Optimal Support of Thermal Energy with Coal Products Taking into Account Environmental Constraints. In: Zaporozhets A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy III. Studies in Systems, Decision and Control, vol 399. Springer, Cham.
423. Ставки экологического налога – 2017. URL: <http://chp.com.ua/newspaper-news/item/47826-stavki-ekologicheskogo-naloga-2017>.
424. ДСТУ 4083-2012. Вугілля кам'яне та антрацит для пиловидного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови. Київ, 2012. 10 с.

425. ГДК 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. – Київ : вид-во «КВІЦ».
426. СО 153-34.02.304-2003. Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/SO_15334023042003_Metodicheski.html.
427. РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/RD_340230598_Metodika_opredele.html.
428. РД 153-34.1 02.316-99. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/RD_1533410231699_Metodika_rasc.html.
429. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубровского, Э.С. Карасиной. – М. : Энергия, 1973. 295 с.
430. Методика расчета выбросов парниковых газов (CO₂-эквивалента). URL: <http://sro150.ru/index.php/metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovykh-gazov>.
431. Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок. Київ, 2015. С. 78.
432. Wettability between molten slag and MgO-C refractories for slag splashing process / Z. Yuan, Y. Wu, H. Zhao, H. Matsuura, F. Tsukihashi // ISIJ International, Vol. 53 (2013), № 4, pp.598–602.
433. Sian C., Wenyan Y., Conglie Z. Slag splashing for BaoSteel's 300 metricton BOF and crystallographic structure of its slag // Iron and Steelmaker, 2000, №7, pp. 39–41.
434. Investigation of fluid and gas dynamic principles of slag splashing in the combined blowing converter / E.N. Sigarev, A.G. Chernyatevych, M.M. Nedbaylo, I.V. Chernyatevych // Theory and practice of Metallurgy, 2015, № 1,2 (102–103), pp. 207–209.
435. Исследование влияния тугоплавких частиц в шлаке на адгезию к огнеупору / Е.Н. Сигарев, Н.Н. Недбайло, А.А. Похвалитый, А.В. Довженко // Металл и литье Украины. _ 2018. – № 11–12 (306-307). – С. 1–8.
436. Коригування крайового кута змочування поверхні вогнетриву первинним конвертерним шлаком / М.М. Недбайло, Є.М. Сігарьов, Ю.С. Лобанов // Monografia pokonferencyjna «Science, research, development», №34. – Warszawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2020. – Str. 22–24.
437. New system for Applying a slag Coating to the converter lining / A.G. Chernyatevich, E.N. Sigarev, I.V. Chernyatevich, K.I. Chubin, E.A. Chubina // Steel in Translation, 2017, Vol. 47, № 6, pp. 394–398.

438. Applying Slag Coatings to the Converter Lining / E.V. Protopopov, A.G. Chernyatevich, S.V. Feiler, E.N. Sigarev // *Steel in Translation*, 2014, Vol. 44, №6, pp. 403–407.
439. Патент України №129813 «Спосіб нанесення шлакового гарнісажу на футерівку конвертерів комбінованого дуття» // *Винахідники: Сігарьов Є.М., Пантейков С.П., Недбайло М.М., Байдуж Ю.В., Чубіна О.А.* – власник: Дніпровський державний технічний університет. – Дата подання 29.05.2018, дата, з якої чинні права 12.11.2018, публ. Відом. 12.11.2018, Бюл. №21.
440. Сайко В.Г. Мережі мобільного зв'язку нового покоління 4G/5G/6G: монографія / Сайко В.Г., Одарченко Р.С., Абакумова А.О., Наритник Т.М., Наконечний В.С., Домрачев В.М., Толюпа С.В., Заблоцький В.Ю., Баховський П.Ф. – К.: ТОВ «Про формат», 2021. – 200 с.
441. V. Saiko, T. Narytnyk, M. Brailovskyi and V. Nakonechnyi. Radiating telecommunication system of the sub-THz-band to protect objects from unauthorized access // 2019 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology PIC S&T'2019. стр. 698–702 Scopus
442. Radwan, A. Low-Cost On-Demand C-RAN Based Mobile Small-Cells. / A. Radwan, K. M. S. Huq, S. Mumtaz, et al. // *IEEE Access*. — 2016. — Vol. 4. — Pp. 2331–2339.
443. 3GPP TS 37.340 V15.2.0: NR: Multi-connectivity; Overall description, Rel. 15 - 2018. URL: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/37_series/37.340/ (accessed 31.07.2019).
444. Moltchanov, D. Improving Session Continuity with Bandwidth Reservation in mmWave Communications / D. Moltchanov, A. Samuylov, V. Petrov, et al. // *IEEE Wireless Communications Letters*. — 2018. — no. 7. — P. 1–4.
445. V. Saiko, S. Toliupa, V. Nakonechnyi, B. Zhurakovskiy, N. Tsopa, Y. Batrak. Model of wireless system of terahertz range based on IR-UWB use // 2nd International Conference on Cyber Hygiene & Conflict Management in Global Information Networks: November 30, 2020 Kyiv-Lviv.
446. Andrews, J. G. Modeling and analyzing millimeter wave cellular systems / J. G. Andrews, T. Bai, M. N. Kulkarni, et al. // *IEEE Transactions on Communications*. — 2017. — Vol. 65, no. 1. — Pp. 403–430.
447. Zhang, Z. Two-timeslot two-way full-duplex relaying for 5G wireless communication networks / Z. Zhang, Z. Ma, M. Xiao, et al. // *IEEE Transactions on Communications*. — 2016. — Vol. 64, no. 7. — Pp. 2873–2887.
448. Wang, P. Multi-gigabit millimeter wave wireless communications for 5G: From fixed access to cellular networks / P. Wang, Y. Li, L. Song, et al. // *IEEE Communications Magazine*. — 2015. — Vol. 53, no. 1. — Pp. 168–178.

449. Samuylov, A. Characterizing spatial correlation of blockage statistics in urban mmWave systems / A. Samuylov, M. Gapeyenko, D. Moltchanov, et al. // Proceedings of Globecom Workshops (GC Wkshps) / IEEE. — Washington, DC, USA, 2016. — Pp. 1–7.
450. Zekri M. A review on mobility management and vertical handover solutions over heterogeneous wireless networks / M. Zekri, B. Jouaber , D. Zeglache // Computer Communications. — 2012. — vol. 35. — pp. 2055–2068.
451. Stevens-Navarro E., Lin Y., Wong V.W.S. An MDP-based vertical handoff decision algorithm for heterogeneous wireless networks // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2008. – vol. 57
452. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. 2 -е изд. - СПб: Изд-во « Вильямс», 2003.
453. Tesema, F. B. Mobility Modeling and Performance Evaluation of Multi-Connectivity in 5G Intra-Frequency Networks / F. B. Tesema, A. Awada, I. Viering, et al. // Proceedings of Globecom Workshops (GC Wkshps) / IEEE. — San Diego, CA, USA, 2015. — Pp. 1–6.
454. Климаш М.М. Методи та моделі побудови гетерогенних мереж мобільного зв'язку 4G/5G: монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 388 с.
455. Petrov, V. Dynamic multi-connectivity performance in ultra-dense urban mmWave deployments / V. Petrov, D. Solomitckii, A. Samuylov, et al. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2017. — Vol. 35, no. 9. — Pp. 2038–2055.
456. Скиена С. Наука о данных: учебный курс. Пер. с англ. В.А. Коваленко. Киев: Диалектика, 2020. – 544 с.
457. Беспроводові системи зв'язку терагерцового діапазону: монографія. /Сайко В.Г., Наритник Т.М. - Німеччина: Видавництво "LAP LAMBERT Academic Publishing RU", 2019. -- 68 с.
458. Дьяконов В.П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров. – М.: ДМК Прес, 2011. – 976 с.
459. Kuzminsky AI Tutorial. - К .: Knowledge, 2005. - 486p.
460. Polat ES, Beshenkov SA, Bukharkina M.Yu. etc. Theory and practice of distance learning: a textbook for universities / - М .: IC "Academy", 2004. - 416p.
461. Distance learning and its technologies // Computerra. - 2002. - №36. - P.38-44
462. The concept of distance education in Ukraine. - К .: КПИ, 2000. - 12 с.
463. The use of information and communication technologies in higher education in Ukraine: current status, problems and prospects: an analytical review. - Kyiv: Ukrainian Institute of Information Technologies in Education. - 2009.