

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**



**"INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY  
AND AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX"**

CONFERENCE MATERIALS  
XII<sup>th</sup> International Scientific Conference

October 4-6, 2023  
**LVIV 2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА  
АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
XII-тої міжнародної наукової конференції

4-6 жовтня 2023 р.

**ЛЬВІВ 2023**

**Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XII Міжнар. наук. конференції** (Львів, 04-06 жовтня 2023 р.) / ЛНУП : За заг. ред. В. В. Снітинського. Львів : ЛНУП, 2023. 128 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної наукової конференції за результатами досліджень щодо використання інформаційних технологій в енергетичному секторі та в агропромисловому комплексі.

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців аграрних формувань різної організаційно-правової форми.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори.

Матеріали видані в авторській редакції.

## SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

**V. Snitynskiy**, honorary chairman

Co-chairs:

**V. Boyarchuk**, Lviv National Environmental University, Ukraine

**M. Medykovskyy**, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Committee members:

**T. Nurek**, Warsaw University of Life Sciences, Poland

**A. Chochowski**, Warsaw University of Life Sciences, Poland

**B. Drozd**, Warsaw University of Life Sciences, Poland

**S. Sosnowski** – President of the Higher School of Engineering and Economics in Rzeszow, Poland

**S. Kurpaska**, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

**T. Jakubowski**, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

**R. Konieczny**, Academy of Jakub from Paradyż, Poland

**A. Tomporowski**, University of Technology and Natural Sciences, Poland

**A. Radomska-Zalas**, Academy of Jakub from Paradyż, Poland

**J. Padgurskas**, Vytautas Magnus University, Lithuania

**G. Wałowski**, Institute of Technology and Life Sciences, Poland

**Ya. Marechek**, Mendel Agricultural University in Brno, Czech Republic

**N. Kunanets**, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**V. Golovko**, National University "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

**A. Chaban**, Lviv National Environmental University, Ukraine

**I. Shchur**, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**V. Chumakevych**, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**V. Lytvynenko**, Kherson National Technical University, Ukraine

## CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

*S. Kovalyshyn*, chair

### *Co-chairs:*

*A. Tryhuba*, Lviv National Environmental University, Ukraine

*S. Syrotyuk*, Lviv National Environmental University, Ukraine

### Committee members:

*P. Obstawski*, Warsaw University of Life Sciences, Poland

*M. Awtoniuk*, Warsaw University of Life Sciences, Poland

*J. Aleksiejuk-Gawron*, Warsaw University of Life Sciences, Poland

*U. Malaga-Tobola*, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

*J. Gielżecki*, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

*N. Shakhovska*, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

*V. Ptashnyk*, Lviv National Environmental University, Ukraine

*S. Korobka*, Lviv National Environmental University, Ukraine

*O. Kolesnikov*, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

*K. Kolesnikova*, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

*R. Tkachuk*, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

*D. Kobylkin*, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

*O. Zachko*, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

*N. Burak*, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

*O. Smotr*, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

*V. Pohrebennyk*, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

*Y. Melnik*, State Agrarian University of Moldova, Moldova;

*E. Wojciechowska*, Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway

*V. Kozyrskiy*, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

*P. Kielbasa*, University of Agriculture in Krakow, Poland

*P. Findura*, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic

*V. Berzan*, Institute of Power Engineering, Moldova

# ЗМІСТ

## Section 1

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY SYSTEMS, INCLUDING RENEWABLE SOURCES

<b>FEATURES OF APPLIED USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN THE ENERGY INDUSTRY</b>	11
<i>A.O. Boyko, Professor, DSc, B.O. Pokhodenko, Post-graduate student, Sumy State University</i>	12
<b>CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR THE OPERATION OF A COGENERATION UNIT FOR A MICRO-INSTALLATION PRODUCING AGRICULTURAL BIOGAS FOR INDIVIDUAL NEEDS OF A FARM</b>	
<i>B. Dybek, Ph.D., D. Anders, Ph.D., M. Herkowiak, Ph.D., G. Walowski, Prof. ITP-PIB, Institute of Technology and Life Sciences—National Research Institute, Poland</i>	19
<b>COMPUTER-INTEGRATED SYSTEM FOR MONITORING THE MODES OF OPERATION OF THE "GROUND-WATER" HEAT PUMP USING LABVIEW SOFTWARE</b>	
<i>S. Syrotyuk, PhD, V. Boyarchuk, PhD, S. Korobka, PhD, V. Halchak, PhD, H. Syrotyuk, PhD, V. Ptashnyk, PhD, T. Stanytskyy, Lviv National Environmental University</i>	
<i>J. Aleksiejuk-Gawron, PhD, A. Chochowski, DSc, P. Obstawski, DSc, M. Awtoniuk, PhD, Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland</i>	22
<b>МОДЕЛЮВАННЯ КРИВОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ ПОЛІНОМАМИ НИЗЬКИХ ПОРЯДКІВ ДЛЯ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ</b>	
<i>О. Кузнецов, к.т.н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка»</i>	25
<b>STRUCTURAL DECOMPOSITION OF THE ENERGY-SHAPING CONTROL SYSTEM OF WIND-SOLAR ELECTRIC GENERATING COMPLEX WITH HYBRID ENERGY STORAGE</b>	
<i>I. Shchur, DSc, R.-I. Kuzyk, Lviv Polytechnic National University</i>	27
<b>ANALYZING THE EFFICIENCY DIFFERENCES BETWEEN MONOCRYSTALLINE AND POLYCRYSTALLINE SOLAR CELLS</b>	
<i>R. Oksenysh, O. Miroshnyk, D.Sc., D. Dryga, N. Kryvohyga, I. Sinaev, K. Kharkovska, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine</i>	29
<b>IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF "SMART GRIDS" WITH THE HELP OF MODERN CONTROL SYSTEMS IN COMBINATION WITH THE OPERATION OF RENEWABLE SOURCES AND ELECTRICITY STORAGE</b>	
<i>D. Myrgorod, R. Oksenysh, O. Miroshnyk, D.Sc., O. Moroz, D.Sc., State Biotechnological University</i>	31
<b>ВПЛИВ ВЗАЄМНОГО РОЗТАШУВАННЯ РОТОРІВ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВИХ ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВОК НА МАКСИМАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ МОМЕНТУ І ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ</b>	
<i>В.М. Головка, д-р техн. наук, проф., Національний технічний університет України "КПІ ім. Ігоря Сікорського", Інститут відновлюваної енергетики НАН України</i>	
<i>М.Л. Сургайло, канд.техн.наук, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»</i>	33

## Section 2

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY EFFICIENCY, RESOURCE AND ENERGY SAVING

35

#### RESEARCH OF SINGLE-PHASE COMMUTATOR MOTOR WITH AC VOLTAGE CONTROLLER MODEL CREATED USING ANSYS MAXWELL RMXprt

*B. Kopchak, M. Khai, Lviv Polytechnic National University*

36

#### МОДЕЛЬ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*С. Ю. Запорожцев, к.т.н., Львівський національний університет природокористування*

*І. Г. Лъге, к.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

38

#### DISTRIBUTED SYSTEM FOR MONITORING AND COMPENSATION OF HARMONIC COMPONENTS IN ELECTRIC NETWORKS

*М. Syvenko, PG, O. Miroshnyk, DSc, O. Moroz, D.Sc., A. Pavlov, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

40

#### MODEL AND ALGORITHM OF RESEARCH OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF ARC STEEL MELTING FURNACES

*V. Hudym, Dr. Sc., A. Tryhuba, Dr. Sc., I. Horodetskyy, PhD, Lviv National Environmental University, S. Ziarkowski, Ms.Sc, Krakow Polytechnic, (Poland),*

*V. Kosovska, Ph.D., Lviv Polytechnic National University*

42

## Section 3

### MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

45

#### STUDY OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE COMPONENTS OF THE SEED MIXTURE OF WINTER RAPE AS THE INITIAL CONDITIONS FOR THEIR EVALUATION BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

*Kovalyshyn S., PhD, Nester B., Postgraduate Student, Kovalyshyn O., PhD, Vlasovets V., DSc, Lviv National Environmental University*

46

#### ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ АКТИВНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ВЕБ-САЙТУ

*П.М. Луб, к.т.н., доцент, Львівський національний університет природокористування*  
*В.С. Спічак, к.т.н., викладач, Володимир-Волинський фаховий коледж*  
*Л.М. Остафінська, викладач, Т.В. Пісак, викладач, ВСП «Стрийський фаховий коледж»*

49

#### ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ ЕНЕРГІЇ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

*Червінський Л.С., д.т.н., Радько І.П., к.т.н., Наливайко В.А., к.т.н., Окушко О.В., к.т.н., Романенко О.І, к.т.н., Національний університет біоресурсів і природокористування України*

53

#### ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ BIG DATA ДЛЯ АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Є.І. Павленко, Полтавський державний аграрний університет*

55

#### ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ЗАВДАНЬ У ВІРТУАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

*О.А. Савченко, А.С. Курянчик, О.І. Линюк, Полтавський державний аграрний університет*

58

<b>ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ З ВІРТУАЛІЗОВАНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ З ВРАХУВАННЯМ АТАК НА КОМПОНЕНТИ</b>	
<i>Ю.І. Бражник, І.Ф. Грицай, Н.М. Ростовський, Полтавський державний аграрний університет</i>	60
<b>ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ ІНФРАСТРУКТУРИ AMAZON WEB SERVICE</b>	
<i>В. Воронянський, Г. Микитенко, Д. Анохін, Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"</i>	62
<b>АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ В СКБД ORACLE ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ</b>	
<i>В. Воронянський, О. Сидорина, В. Мельник, Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"</i>	65
<b>INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR FILLING GAPS IN THE DATA TABLES OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES</b>	
<i>V.M. Chaplyha, Dr.Sc., Lviv National Environmental University, Jan Ministr, PhD, VSB – Technical University of Ostrava, V.V. Chaplyha, Ivan Franko National University of Lviv</i>	68
<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИННОЇ ТА ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ</b>	
<i>Червінський Л.С., д.т.н., професор, Радько І.П., к.т.н., доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України</i>	70
<b>Section 4</b>	
<b>PROJECT MANAGEMENT</b>	
	72
<b>АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СЦЕНАРІЇВ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАД</b>	
<i>А.М. Тригуба, д.т.н., професор, А.В. Татомир 1, к.т.н., Львівський національний університет природокористування</i>	
<i>А.Р. Ратушний, ад'юнкт, Л.С. Коваль, ад'юнкт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності</i>	73
<b>АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ</b>	
<i>А.М. Тригуба, д.т.н., професор, І.Л. Тригуба, к.с-г.н., доцент, Львівський національний університет природокористування</i>	
<i>О.М. Маланчук, к.ф-м.н., доцент, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького</i>	
<i>Р.В. Шолудько, здобувач, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності</i>	76
<b>ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАД</b>	
<i>А.М. Тригуба, д.т.н., професор, І.Л. Тригуба, к.с-г.н., доцент, Я.В. Шолудько, к.т.н., доцент, М.А. Михалюк, к.т.н., Львівський національний університет природокористування</i>	
<i>О.Я. Андрушків, здобувач, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності</i>	79



<b>ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЕКТІВ</b>	
<i>П.М. Луб, к.т.н., доцент, С.А. Штогрин, ст. викладач, В.І. Фіялковський, ст. викладач, Х.І. Мозуль, зав. комп. класом, Львівський національний університет природокористування</i>	82
<b>DETERMINING THE PROJECT MODEL FOR IMPLEMENTATION ERP CLASS INFORMATION SYSTEM FOR THE RESOURCES AND ACTIVITIES MANAGEMENT IN TERRITORIAL COMMUNITIES</b>	
<i>О. Р. Kopishynska, PhD, Y. V. Utkin, PhD, О. V. Kalashnik, PhD, S. E. Moroz, PhD, V. M. Chubenko, Poltava State Agrarian University</i>	86
<b>DEVELOPMENT OF A PROJECT FOR A NAVIGATION SAFETY MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF MARITIME TRANSPORT</b>	
<i>О. Kyryllova, DSc, V. Piperska, DSc, V. Kyryllova, PhD, О. Rossomakha, PhD, V. Shakhov, V. Adakhovskiy, Odesa National Maritime University</i>	88
<b>ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ПОСЛУГИ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОГО ТА ВОЄННОГО СТАНУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ</b>	
<i>О.В. Паньків, аспірант, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності</i>	90
<b>СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОЕКТАХ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ</b>	
<i>В.Р. Демчина, ад'юнкт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності</i>	94
<b>Section 5</b>	
<b>INFORMATION TECHNOLOGIES OF ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF PROJECTS AND SYSTEMS IN ENERGY AND AGRO- INDUSTRIAL COMPLEX</b>	
	98
<b>FORMATION OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN UKRAINE</b>	
<i>S.Kolach , Associate Professor, Z. Myronchuk, Associate Professor, Y. Perih, graduate student, Lviv National Environmental University</i>	99
<b>ACCOUNTING CONSULTING IN THE IT-SPHERE AND ITS IMPACT ON THE EFFICIENCY OF THE ENTERPRISE</b>	
<i>Z.P. Myronchuk, PhD in Economics, N.E. Tsitska, PhD in Economics, S.M. Kolach, PhD in Economics, Y.A. Perig postgraduate student, Lviv National Environmental University</i>	102
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ НА БАЗІ ДОРОБКУ ФІЗІОКРАТИЧНОЇ ЕКОНОМІКО-ФІЛОСОФСЬКОЇ ДУМКИ</b>	
<i>О.Р. Василина, к.е.н., доцент, Н.Б. Зеліско к.е.н., доцент, С.М. Колач, к.е.н., доцент, Ю.А. Періг, аспірант, Львівський національний університет природокористування</i>	104
<b>ANALYSIS AND MODELING OF ECONOMIC EFFICIENCY IN IMPLEMENTING SOLAR ENERGY SYSTEMS IN THE AGRO- INDUSTRIAL COMPLEX</b>	
<i>S. Syrotyuk, PhD, H. Syrotyuk, PhD, K. Yankovska, PhD, Lviv National Environmental University</i>	
<i>J. Gielżecki, PhD, T. Jakubowski, DSc, Agricultural University of Kraków</i>	106
<b>ВІРТУАЛЬНІ ПОМІЧНИКИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ</b>	
<i>А.М.Желєзняк, к.е.н., В.В. Пташник, к.т.н., В.Б. Смолінський, к.е.н., Падюка Р.І., к.т.н., Львівський національний університет природокористування</i>	108

<b>APPLICATION PRODUCTION FUZZY LOGIC RUE BASE FOR ASSESSING THE MARKET VALUE OF AGRICULTURAL LANDS</b>	110
<i>S. Kovalyshyn, PhD, O. Kovalyshyn, PhD, O. Kovalyshyn, Professor, Vitaliy Vlasovets, Professor, Lviv National Environmental University</i>	

**Section 6**  
**DIGITAL TRANSFORMATION**

<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА ПІДСТАВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗШОВНОГО WI-FI</b>	113
---	-----

*Падюка Р.І., к.т.н., А.М. Тригуба, д.т.н., П.М. Луб, к.т.н., Пташник В.В., к.т.н., Львівський національний університет природокористування*

<b>ВИКОРИСТАННЯ CLOUD NATIVE І KUBERNETES У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ</b>	114
---	-----

*В. Б. Смолінський, к.е.н., А. М. Железняк, к.е.н., В. В. Пташник, к.т.н., Львівський національний університет природокористування*  
*І. Є. Іваницький, к.е.н., Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького*

<b>INTEGRATING INDUSTRY 4.0 DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE ERP-SYSTEMS PLATFORMS TO MANAGE AGRI-FOOD PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN</b>	116
---	-----

*О. Р. Kopishynska, PhD, Y. V. Utkin, PhD, I. I. Sliusar, PhD, K. Z. Makhmudov, DSc, Poltava State Agrarian University*  
*О. V. Kyrychenko, PhD, Poltava University of Economics and Trade*

<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ЦІЛОСНОСТІ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВ</b>	118
--	-----

*В.В. Аксюк, В.М. Омеляненко, А.І. Рашин, Полтавський державний аграрний університет*

**Section 7**  
**COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES AND CYBER-PHYSICAL SYSTEMS**

<b>ALGORITHM FOR DETECTING STAGES OF MAIN FERMENTATION OF BEER BASED ON COMPUTER VISION</b>	122
---	-----

*Маляр А.В., д.т.н. проф., Національний університет «Львівська Політехніка»*  
*Вігуро М.І., аспірант, Національний університет «Львівська Політехніка»*  
*Місюренко В.О., к.т.н., доц. Національний університет «Львівська Політехніка»*

<b>INTELIGENTNA KONSERWACJA SYSTEMÓW CYBERFIZYCZNYCH</b>	123
--	-----

*О. V. Lysa, к.т.н., docent, N.I. Mikhalyuk, к.е.н., docent, Lwowski Narodowy Uniwersytet Zarządzania Przyrodą*  
*A.-V.V. Midyk, Ph. D., senior front-end developer «N-IX» Ltd*

***Section 1.***  
***Information technologies in energy systems, including renewable sources.***

Laboratory of Renewable Energy  
Corps of the Laboratory of Renewable Energy and Energy Saving  
(1 Zelena, a)  
Head of the section: Serhiy Syrotyuk  
Secretary: Myhailo Babych

# FEATURES OF APPLIED USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN THE ENERGY INDUSTRY

*A.O. Boyko*

*Professor, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics of Sumy State University*

*B.O. Pokhodenko*

*Post-graduate student of Oleg Balatsky Department of Management, Educational and Scientific Institute of Business, Economics and Management, Sumy State University*

**Abstract:** The article discusses the prospects and risks of using modern information technologies, including artificial intelligence (AI) and machine learning, in the field of energy. It highlights the relevance of implementing AI technologies for optimizing, monitoring, and enhancing the resilience of energy systems, including smart grids, renewable energy sources, and process automation. The article provides examples of well-known companies successfully utilizing AI in the energy sector. However, it also acknowledges the risks associated with AI, such as "hallucinations" and changes in priorities, and emphasizes the importance of thorough testing, verification, and certification of software applications to ensure safety and reliability. Overall, the article underscores the significance of a cautious and controlled deployment of AI in the energy sector, considering its heightened risks.

**Keywords:** energy sector, information technology, artificial intelligence (AI), machine learning, risks and challenges, innovation.

Researching the possibilities of implementation and use of modern information technologies in the field of energy remains a very relevant and important task in the modern world. Here are a few reasons why this topic is important:

**Transition to renewable energy sources:** Most countries are committed to reducing carbon emissions and dependence on traditional energy sources such as coal and gas. This requires the integration of solar, wind and other renewable sources into the energy supply system, and here information technology plays a key role in forecasting and optimizing this process.

**Smart grids:** The implementation of smart grids allows for more efficient management of energy networks, ensuring a balanced supply and consumption of electricity. This requires the development of algorithms and data collection and analysis systems.

**Energy efficiency:** Ensuring energy efficiency in buildings, industry and other sectors is becoming an increasingly important task. Information technologies allow monitoring and optimizing energy consumption, reducing costs and impact on the environment.

**Grid Reliability and Security:** In today's world, the security and reliability of power grids are critical. Modern information technologies help identify threats and risks, as well as provide protection against cyber attacks.

**Development of electric mobility:** The growing interest in electric cars requires the development of infrastructure for their charging and efficient management of electricity consumption.

**Infrastructure Modernization:** Many countries are spending efforts to modernize their energy infrastructure. This includes replacing outdated equipment with more efficient and resilient equipment.

**Energy storage and distribution:** Energy storage, such as batteries, allows energy to be stored and distributed when needed. Artificial intelligence and machine learning help to optimize these processes.

In general, the use of modern information technologies in the energy industry is key to solving many modern problems related to ensuring the stability, efficiency and sustainability of energy systems. This field of research remains relevant and promising for further development and innovation.

In general, the goal of research in this area is to improve and optimize energy systems in order to ensure sustainability, efficiency and sustainability of energy supply, as well as to develop innovative approaches to solving modern energy-related problems.

In our opinion, due to the recent rapid development of artificial intelligence (AI) technology, the direction of research into the use of this technology in the energy industry remains a certain "white spot" for now. Researching the possibilities and methods of applying artificial intelligence in the field of energy can have different goals and objectives depending on the specific context and tasks of the research. For example, research into the possibilities and ways of applying these technologies in order to optimize production; consumption forecasting; increasing the efficiency of management systems; increase in energy efficiency; improvement of energy saving; development of new technologies; ensuring security and cyber protection, etc.

In general, the "window of possibilities" of application is only expanding with the development of technology. We have concrete examples of implementation:

- General Electric (GE): GE uses AI to optimize the operation of its electricity generating facilities. They develop monitoring and diagnostic systems that use machine learning algorithms to predict the condition of equipment and plan maintenance.

- Siemens: Siemens is actively applying AI in the field of smart grids and automation of power systems. They develop control systems that detect and respond to anomalies in networks.

- Google DeepMind: DeepMind, a division of Google, uses AI to optimize the operation of wind and solar farms. They developed algorithms that increase the performance of these stations by predicting weather conditions and energy consumption.

- Tesla: Tesla uses AI in the control systems of its smart batteries and charging stations for electric vehicles. This helps improve the performance and reliability of their products.

- ABB: ABB develops solutions for smart grids and uses AI to optimize the management of energy systems.

- IBM: IBM uses its AI product, IBM Watson, to develop solutions to optimize energy consumption in buildings and industry.

These are just a few examples of many more.

But, watching with enthusiasm for new opportunities, we forget about the risks of enterprises in the energy sector, which are due to their use in their activities of software applications that use AI technology. The technology itself, having (already known to us) problems that have not been solved at this time, such as "hallucinations" or an unauthorized change in the priorities of the tasks being performed, provokes the imposition of certain restrictions on its use in energy, which in itself is fraught with increased risks. Having the understanding that creating separate elements of the system and automating through the use of AI entire processes such as: automation of machines and equipment; asset maintenance forecasting; optimization of processes, machines, software or tools; monitoring the level of safety and prevention of incidents, etc., we are confidently taking steps to create a comprehensive management system, both for individual energy facilities and entire directions, the work of which will be fully based on AI technology. The question of the degree of autonomy of such a management system becomes especially relevant in this regard. And here the following should be noted:

1. Taking into account the integration of renewable energy sources into general networks and the increasing, in modern historical conditions, the relevance of the application of the concept of local networks, the energy sector, in a certain perspective, will no longer be able to work effectively without such a tool as management systems, the work of which is based on the use of technology AI

2. It is already necessary to develop a technical certification system for software applications in particular and control systems in general that use AI technology in their work and are planned for use in the energy sector. The main purpose of the certification should be to establish the compliance of the work algorithms of the control system with the technological maps of the functioning of energy facilities.

3. The implementation of the management system as an automated system (ACS) should be preceded by its long-term use as a decision support system (DSPR). This will help, from a practical point of view, to assess the possibility and features of using a specific management system as an automatic control system.

4. Periodic testing (a set of test scenarios covering various aspects of system functioning), validation and verification (verification of algorithms used in the system) and expert evaluation (involvement of experts in the field of AI and energy areas for periodic review and analysis of the system).

So, as a conclusion, we can say the following: nowadays the application of AI in the energy industry is relevant and vitally important, but given the increased and specific risks in this area, the implementation process must be planned, consistent and controlled.

## Literature:

1. Artificial intelligence in energy: analyst. report / Suhodolya O. M.– K. : NISD, 2022. – 49 p. – <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>
2. On the approval of the Concept of the development of artificial intelligence in Ukraine: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 02.12.2020. No. 1556. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>
3. Artificial Intelligence for Europe. EC. Brussels, 25.4.2018 COM/2018/237 final / EUR-Lex : An official website of the European Union URL: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A237%3AFIN>
4. The potential of digital business models in the new energy economy / IEA. 2022. 07 Jan. URL: <https://www.iea.org/articles/the-potential-of-digital-business-models-in-the-new-energy-economy>
5. Artificial intelligence for DTEK Energo / DTEK. URL: <https://dtek.com/mediacenter/news/iskusstvennyyintellek-dlya-dtek-energo/>
6. MHP: artificial intelligence improves the work of energy workers. Ukrainian Pravda.2020.3serp.URL:<https://www.epravda.com.ua/news/2020/08/3/663660/>
7. The Smart City concept project / Association of Ukrainian Cities is being developed. 2022. February 02. URL: <https://auc.org.ua/novyna/rozroblyayetsya-proyekt-koncepciyi-smart-city>
8. Analysis of prospects for the development of digital energy in Ukraine / Hryb O., Senderovich G., Diachenko O., Karpaliuk I., Shvets S. Bulletin of the KhPI National Technical University. Series: Hydraulic machines and hydraulic units. 2020. No. 1. P. 85-90.
9. Garyachevska I. V., Movenko S. Yu. Development of artificial neural networks for forecasting electricity consumption. Bulletin of the Kherson National Technical University. 2018. No. 3(1). P. 250-259. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtu\\_2018\\_3%281%29\\_\\_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtu_2018_3%281%29__37) (date of application: 19.09.2023).
10. Karpa D. M., Tsmots I. H., Opotiak Y. V. Neural network tools for forecasting energy consumption. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. 2018. Issue 28(5). P. 140-146. URL: <https://doi.org/10.15421/40280529> (date of access: 19.09.2023).
11. Zhyvoglyad O. Forecasting electricity consumption based on a neural network. Electronic and Acoustic Engineering. 2019. No. 2(1). P. 39-42. URL: <https://doi.org/10.20535/2617-0965.2019.2.1.163127> (date of access: 19.09.2023).
12. The Ministry of Energy is interested in the modernization of the electric power industry of Ukraine on the basis of the most modern technologies / Ministry of Energy of Ukraine: officer. website. 2021.03.URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245511023](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245511023)
13. Physics-based Interval Data Models to Automate and Scale Home Energy Performance Evaluations / U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/05/f62/bto-peer%E2%80%93fraunhofer-physics-based-interval-data-models-automate.pdf>
14. IT technologies: application in electric power. Kosatka. Media. 2020. Mar. 20 URL: <https://kosatka.media/uk/category/blog/news/it-tehnologii-primenenie-v-elektroenergetike>

15. Tokarev S. The present and future of AI. Ukrainian Pravda. 2021. November 22. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2021/11/22/679970/>
16. The Ministry of Digitization has formed an expert committee on the development of the field of artificial intelligence / The Ministry and the Committee of Digital Transformation of Ukraine: officer. site 2020. January 17 URL: <https://thedigital.gov.ua/news/mintsifrasformuvala-ekspertniy-komitet-z-pitan-rozvitku-sferi-shtuchnogo-intelektu>
17. Continental Europe successful synchronization with Ukraine and Moldova power systems / ENTSO-E 2022. 16 March. URL: <https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-withukraine-and-moldova-power-systems/>
18. NCRECP approved the Transmission System Development Plan for 2022-2031 / Ukrenergo: official. site 2021. December 10. URL: <https://ua.energy/zagalni-novyny/nkrekp-shvalyla-plan-rozvytku-systemy-peredachi-na-2022-2031-roky/>
19. Smart grid technologies. Implementation in Ukraine and world experience / Ministry of Energy of Ukraine: officer. site URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245253369&cat\\_id=35109](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245253369&cat_id=35109)
20. The Ministry of Energy has developed a Concept for the implementation of "smart networks" in Ukraine until 2035 / Ministry of Energy of Ukraine: officer. site 2021. September 16 URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245578517](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245578517)
21. On energy efficiency: Law of Ukraine of October 21, 2021 No. 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
22. On the electric energy market: Law of Ukraine dated 04.13.2017 No. 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
23. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU / EUR-Lex : An official website of the European Union . URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944>
24. On the approval of the Concept of the development of artificial intelligence in Ukraine: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 2, 2020 No. 1556-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>
25. On the approval of the plan of measures for the implementation of the Concept of development of artificial intelligence in Ukraine for 2021-2024: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 12, 2021 No. 438-p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/438-2021-%D1%80#Text>
26. Harnessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition / WEF. September 2021. URL: <https://www.weforum.org/whitepapers/harnessing-artificial-intelligence-to-accelerate-the-energy-transition>
27. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU / Eur-Lex : An official website of the European Union . URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944>
28. WHITE PAPER On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust. Brussels, 19.2.2020 COM(2020) 65 final / European Commission : An official website of the European Union. URL:



[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf)

29. The Ministry of Energy is working on the creation of an industry operational center for cyber security / Ministry of Energy of Ukraine: officer. site 2021. June 02 URL:

[http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245542980&cat\\_id=35109](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245542980&cat_id=35109)

30. Concept of cyber security in the energy sector was discussed in Ukraine. Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubriceconomy/3240383-v-ukraini-obgovorili-koncepciu-kiberbezpeki-v-energeticnij-galuzi.html>

31. Ferris Nick, Van Renssen Sonja. Cybersecurity threats escalate in the energy sector. Energy Monitor. 2021. 17 Feb. URL: <https://www.energymonitor.ai/tech/digitalisation/cybersecurity-threats-escalate-in-the-energy-sector>

32. Growth in the AI-Enabled Distributed Energy Resources Integration Market Is Anticipated to Reach \$481 Million by 2030. Guidehouse Insights. 2021. 24 Aug. URL: <https://guidehouseinsights.com/news-and-views/growth-in-theaienabled-distributed-energy-resources-integration-market-is-anticipated-to-reach-481>

33. The potential of digital business models in the new energy economy / IEA. 2022. 07 Jan. URL: <https://www.iea.org/articles/the-potential-of-digital-business-models-in-the-new-energy-economy>

34. Cybersecurity threats escalate in the energy sector. Energy Monitor. 2021. 17 Feb. URL: <https://www.energymonitor.ai/tech/digitalisation/cybersecurity-threats-escalate-in-the-energy-sector>

35. Securing America's Energy Infrastructure from Cyber Threats / U.S. Department of Energy. 2021. 26 July. URL: <https://www.energy.gov/articles/securing-americas-energy-infrastructure-cyberthreats>

36. Kelly Stephanie, Resnick-ault Jessica. One password allowed hackers to disrupt Colonial Pipeline, CEO tells senators. Reuters. 2021. 09 June. URL: <https://www.reuters.com/business/colonial-pipeline-ceo-tells-senate-cyberdefenses-were-compromised-ahead-hack-2021-06-08/>

37. Innovative Energy Start-Ups. A key vehicle for realizing clean energy transitions / IEA. 2021. 29 June. URL: <https://www.iea.org/articles/innovative-energy-start-ups>

38. Harnessing IoT for Energy Benefits / IEA. 2021. URL: <https://www.iea-4e.org/wpcontent/uploads/publications/2021/02/IoT-for-Energy-Benefits-FINAL.pdf>

39. The potential of digital business models in the new energy economy / IEA. 2022. 07 Jan. URL: <https://www.iea.org/articles/the-potential-of-digital-business-models-in-the-new-energy-economy>

40. "The consumer value of goods in the context of the digitalization of the economy." (2021) The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: International Relations. Economics. Country Studies. Tourism, (13), 38-49.. <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2021-13-04>

41. "Challenges of the Dual Studies Management: the Case of Ukraine" Visnyk of Sumy State University. Series "Economics", No. 4, pp. 104-111. DOI: 10.0.83.24/1817-9215.2020.4-12. URL: [https://visnyk.fem.sumdu.edu.ua/issues/4\\_2020/12.pdf](https://visnyk.fem.sumdu.edu.ua/issues/4_2020/12.pdf)

42. "The General Concept of Building Integrated Information Web-systems of E-commerce" Deggendorf, Germany. 021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2021 - Proceedings, 2021 p. 441–444. doi: 10.1109/ACIT52158.2021.9548337

43. Kuzior, A., Babenko, V., Rekunenko, I., Pohodenko, B. The Current State of Scientific Research of the Process of Risk Management of Ukrainian Energy Sector Enterprises. Management Systems in Production Engineering this link is disabled. 2023. Vol. 31(3). P. 322–331. DOI: <https://doi.org/10.2478/mspe-2023-0036>

44. Pokhodenko B. Review and comparative analysis of energy security concepts of the European Union and Ukraine. Journal Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. 2023. Vol. 17. P. 56-79. DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2023-17-06>

# CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR THE OPERATION OF A COGENERATION UNIT FOR A MICRO-INSTALLATION PRODUCING AGRICULTURAL BIOGAS FOR INDIVIDUAL NEEDS OF A FARM

*B. Dybek, Ph.D., D. Anders, Ph.D., M. Herkowiak, Ph.D., G. Wałowski, Prof. ITP-PIB, Institute of Technology and Life Sciences—National Research Institute, Poland*

**Abstract.** The article presents a cogeneration system based on the production of heat and electricity, which constitutes the equipment of a mobile biogas installation. A characteristic farm was selected, which has a substrate necessary for the process of methane fermentation of slurry from pig farming. The cogenerator, which constitutes a potential energy demand from the point of view of Polish energy agriculture in the context of renewable energy production, was analyzed. An attempt was made to determine the operating conditions of the cogenerator and to develop the optimization of a biogas cogeneration unit producing electricity and heat in a micro-installation for the needs of an individual farm.

**Key words:** steering, control, cogeneration, optimization, agricultural biogas

Cogeneration systems based on the production of heat and electricity are standard equipment of biogas installations where, in addition to the production of electricity from biomass, there is also a demand for process heat [1]. In the case of conventional systems producing only electricity, it is only possible to obtain 30-35% of the energy supplied in the fuel. Heat recovery means that the potential of the system allows the recovery of 80% of the energy contained in the fuel, 30-35% of electrical energy and 45-50% of thermal energy. Energy losses in this case are limited to 15-20%. Electrical efficiency is defined as the quotient of the generated electricity divided by the amount of energy contained in the fuel. In turn, the energy efficiency of a cogeneration system is the quotient of the sum of the amount of electricity and heat produced to the energy contained in the fuel [2].

The heat obtained from the biogas plant's cogeneration installation is used to maintain the process temperature of the fermenter, but its excess can be used for other processes, such as heating buildings. Another method is to transmit or store heat and produce cold [3].

Due to their high efficiency, cogeneration systems play an important role in reducing greenhouse gas emissions, reducing costs, reducing environmental pollution while increasing system reliability and energy quality, as well as reducing network overload and avoiding distribution losses [4].

The existing control and monitoring system for the operation of the cogeneration unit, as well as its biogas supply system and the system for receiving the generated thermal energy, significantly reduce the energy efficiency of the research installation, while also indicating directions for optimizing the cogeneration unit before proceeding to the implementation phase of the research microbiogas plant on an individual agricultural and livestock farm.

The purpose of the technical specification regarding the optimization of a biogas cogeneration unit producing electricity and heat in a micro-installation is also to

ensure its use for the needs of individual agricultural and livestock farms in accordance with the Act on Renewable Energy Sources (RES) of February 20, 2015 (Journal of Laws 2015, item 478, as amended).

During the optimization, the existing biogas cogeneration unit [5] was thoroughly reconfigured. Ineffective components of the control and monitoring system of the cogeneration unit and the high-pressure biogas supply system of the cogeneration unit engine were replaced with appropriately selected modern, high-efficiency components that will also ensure the required improvement in functionality. An advanced Woodward easYgen 2500 generator controller was installed, which takes control of the operation of the cogeneration unit and eliminates the need to use a frequency converter - ensuring automatic synchronization of the cogeneration unit with the public network. As a result of using a control system with automatic synchronization of the cogeneration unit with the public grid, it will not be necessary to use a frequency converter.

A low-pressure biogas engine supply system was installed (biogas filter, double cut-off solenoid valve and zero-pressure regulator) - the existing high-pressure biogas engine supply system with a "car" high-pressure reducer and its heating system with engine coolant were dismantled.

A low-pressure engine gas installation was installed (a modern throttle integrated with a mixer and an electronic actuator), and the existing "car" high-pressure mixer with a throttle and actuator was dismantled. The actuator is an actuator in the engine speed control system, which, based on the control signal from the engine controller, determines the angular position of the throttle flap. As a result of dismantling the high-pressure biogas supply system of the engine, it will not be necessary to use energy-consuming biogas compressors and biogas pressure cylinders requiring UDT supervision.

Components of the air-gas mixture control system (appropriately selected for the biogas plant), the generator engine controller and components of the installation for receiving thermal energy from the running engine were also installed. The components include:

- integrated throttle with electronic mixture actuator;
- engine controller module operating in a closed loop (with the possibility of operating in an open loop) with an integrated absolute pressure and temperature sensor in the engine intake manifold;
- high-efficiency plate heat exchanger (with thermal insulation);
- 3-way valve switching the flow of engine coolant (exchanger - emergency cooler).

Additionally, the latest type of components (exhaust thermocouple, main controller, ignition system controller) were installed in the installation and software was launched for remote monitoring of the operation of the biogas cogeneration unit and local archiving of parameters and operating states of the cogeneration unit by the end user, i.e. an individual farm [6].

The work done in the framework of a project funded by the National Research and Development Centre implemented the program BIOSTRATEG contract No. BIOSTRATEG1/269056/5/NCBR/2015 since 11.08.2015 r.

### References:

1. N. Thilak Raj, S. Iniyan, Ranko Goic, A review of renewable energy based cogeneration technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 8, 2011, Pages 3640-3648, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.06.003>.
2. H.I. Onovwiona, V.I. Ugursal, Residential cogeneration systems: review of the current technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 10, Issue 5, 2006, Pages 389-431, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.07.005>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032104001340>)
3. Aspen Systems Corp. Combined heat and power—a federal manager's resource guide. USA: US Department of Energy; 2000.
4. Uğur Çakir, Kemal Çomakli, Fikret Yüksel, The role of cogeneration systems in sustainability of energy, *Energy Conversion and Management*, Volume 63, 2012, Pages 196-202, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.01.041>.
5. Anders D., Dybek B., Wałowski G. Application of a control system for micro-installations producing agricultural biogas for individual needs of a farm. XI th International Scientific Conference: "INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY AND AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX". Conference materials, Section 3, Information technologies in agro-industrial complex. October 4-6, 2022 LVIV, 35-37.
6. Raport nr 1/2019. Materiały niepublikowane. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Poznań 2019.

# COMPUTER-INTEGRATED SYSTEM FOR MONITORING THE MODES OF OPERATION OF THE "GROUND-WATER" HEAT PUMP USING LABVIEW SOFTWARE

*S. Syrotyuk, PhD, V. Boyarchuk, PhD, S. Korobka, PhD, V. Halchak, PhD, H. Syrotyuk, PhD, V. Ptashnyk, PhD, T. Stanytskyy, Lviv National Environmental University*

*J. Aleksiejuk-Gawron, PhD, A. Chochowski, DSc, P. Obstawski, DSc, M. Awtoniuk, PhD, Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland*

**Abstract:** Designed for computer-integrated system for monitoring the modes heat pump installation. On the light board visualized current parameters of the chain of energy transformations of ground heat exchangers to heating appliances. Automatic construction of graphs of changes in measured parameters, data processing and archiving of measurement results using hardware and software tools of the National Instruments company was implemented.

**Key words:** heat pump, ground heat exchanger, the conversion factor, temperature and flow sensor, hardware and software tools.

Program of preparation of engineering profile provides theoretical knowledge and practical skills of renewable energy that can be used not only in residential and municipal sectors, but also in agricultural production. In particular, describes the main types of renewable energy sources that can serve as the foundation of new systems of energy supply .

In modern heating systems can be identified teplopompovoho means converting low-grade heat environment. With respect to these technical means, it is important not only to understand the principle and mode of operation, but the assessment of effectiveness. In particular, the implementation of refrigeration thermodynamic cycle heat transfer from low to high temperature heat source heat consumer.

Educational heat pump installation is made based NKT10-11-08 (8) of "ground-water" produced by JSC "Melitopol Machine Building Plant "REFMA" with a heat output of 15 kW. Semi-hermetic reciprocating compressor unit mounted on the frame and framing is part of a hybrid installation of solar and heat pump heating corps renewable Energy laboratory. Input on the heat pump is supplied with an initial low-grade heat four horizontal ground heat exchangers depth of 1,5-2 m and two vertical wells to a depth of 50 m Thanks locking and regulating armature configuration of ground heat exchanger is provided in accordance the educational task of modeling the thermal regime change.

For ease of analysis of the heat pump, the value of all monitored parameters and their relationships are derived for a single information board. Its design provides a convenient display of the concept of heat available gauging and control means (Fig. 1).

In the upper right corner of the title of the laboratory stand in the middle - a fundamental hardware circuits heat pump installation with marking control points, left bottom - symbols of the scheme, and bottom right - such as graphics parameter dependencies heat pump. At the inlet and outlet of each circuit hosted digital coolant

temperature indicator and its current expenses. Also found indicators meter consumed energy and power supply drive the compressor.

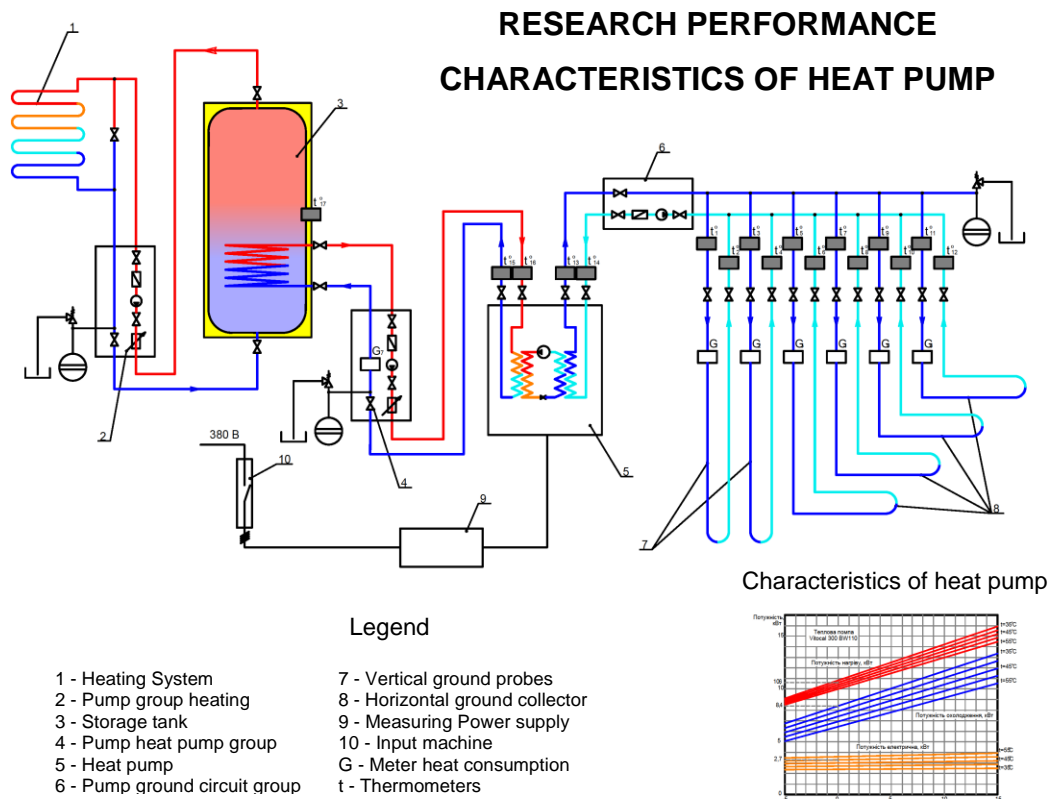


Fig. 1. General view of the measuring stand.

Digital temperature indicator is the outermost part of the industrial type measuring transducer DS18B20 consisting thermistor and secondary gauge - chip mounted in a cylindrical housing with a diameter of 5 mm and a length of 35. With this implementation minimizes the measurement error due to the temperature changes the resistance of connecting wires, because the outside is only transmitted signal indication.

The cylindrical shape of the temperature sensor does not provide a reliable thermal contact with the flat surface of the valves . But in this case justified his choice above all ease of use and affordable price , which in large quantities is the determining factor. To improve the thermal contact of the first version of the installation uses an intermediate conductive paste, but in the future it is planned to make a special planting holes in the valves. Place additional contact Reserved insulation thickness of 5 mm. Measuring converters are powered from a regulated source.

Coolant flow in the evaporator and condenser circuits measure primary couples krylchatoho type DC3-24V with output in the form of electrical impulses. Later, they are converted into fuel, followed by visualization of the LED display with digital frequency meter complete compact FM99.

General view of the developed experimental stand is shown in Fig. 2.

The heat pump operates in a cyclic mode with periodic change of the input and output temperatures. Their value is measured by DS18B20 digital temperature meters. The inputs of the sensors are fed to the NI USB 6008 I/O unit through the transformation and matching unit of the output signals. Appropriate software LabVIEW can simultaneously build image depending on the PC screen in real time and the results

are archived for further processing. According to the testimony of temperature sensors and flow calculated incoming and outgoing heat flows and taking into account the current power consumption or energy - conversion factor heat pump installation.



Fig. 2. Laboratory model for the study of heat pump operating parameters such as "ground-water".

According to the task was designed to study the educational stand thermodynamic cycle conversion of low heat in a heat pump type "ground-water". The application of this stand will allow visually in real time to explore the features of the heat pump and perform research of technological modes. Application of the developed stand in the classroom will improve the efficiency of studying this subject and improve the perception of the material.

### References

1. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2009. 176 с.
2. Grassi W. Heat Pumps. Fundamentals and Applications. Springer International Publishing AG, 2018. 180 p.
3. Alves-Filho O. Heat Pump Dryers. Theory, Design and Industrial Applications. CRC Press, 2016. 335 p.
4. Zawadzki M. Kolektory Słoneczne, Pompy Ciepła – Na Tak. Warszawa: Polska Ekologia, 2003. 276 p.



# МОДЕЛЮВАННЯ КРИВОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ ПОЛІНОМАМИ НИЗЬКИХ ПОРЯДКІВ ДЛЯ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ

*О.О. Кузнєцов, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Abstract.** Fuel cell polarization curve is required for numerous algorithms governing the system. The particular shape of the curve, that is used for the algorithms of control and energy management of the systems containing fuel cells, is calculated based on a number of mathematical models. In our study, we propose using the lower-order polynomials for the curve modelling. We demonstrate that the approach can decrease the computational complexity of the system with a sufficient accuracy of the estimation of the output power of the fuel cell stack.

**Keywords:** PEM fuel cell, parameter estimation, low-order model, maximum power extraction, energy management.

Паливні комірки (ПК), зокрема, ті, що використовують водень як паливо, є екологічною альтернативою традиційним джерелам енергії. Вони знайшли своє застосування у електричних транспортних засобах, системах розподіленої генерації енергії, автономних мікромережах і т. ін.

Загальна система нагромадження енергії на основі ПК, керується алгоритмами енергетичного менеджменту, зокрема, виходячи із її максимальної вихідної потужності або максимальної ефективності [1]. Багато таких алгоритмів вимагають побудови кривої поляризації або вольт-амперної характеристики (ВАХ) стека ПК. Її нелінійний характер зумовлений наявністю трьох зон, в якій переважне значення мають втрати різної фізичної природи. Математична основа для опису цих явищ є досить складною, тому такі алгоритми часто користуються спрощеними моделями [2, 3] і інтелектуальними методами для визначення параметрів характеристики [4]. Зокрема, один із методів пропонує використання полінома 5-го порядку для апроксимації кривої поляризації ПК [5].

Разом з тим, необхідно зазначити, що на положення точки максимальної вихідної потужності ПК впливають омичні втрати і втрати масоперенесення. Тому ідея цього дослідження базується в тому, що для алгоритмів, які вимагають визначення вихідної потужності ПК на основі кривої поляризації (ВАХ стека), можна скористатись спрощеними моделями, наприклад, на основі поліномів низького порядку (рис. 2).

Для перевірки цієї робочої гіпотези були проведені розрахунки із використанням засобів Curve Fitting Toolbox середовища Matlab. Вихідні дані для кривих  $v_{fc}(i_{fc})$  і  $p_{fc}(i_{fc})$  для стека було оцифровано із [4], де експериментальні дані за допомогою алгоритмів оптимізації було апроксимовано кривими. Поліном 5-го порядку добре апроксимує криву ВАХ (рис. 2(a)). Разом з тим, знехтувавши зоною низьких струмів (зоною переважання втрат активації ПК), можна легко отримати криві для ВАХ, на основі яких крива потужності розраховується достатньо точно. Використання

спрощених залежностей дозволить зменшити обчислювальну складність алгоритмів керування та менеджменту без суттєвої втрати точності визначення потужності.

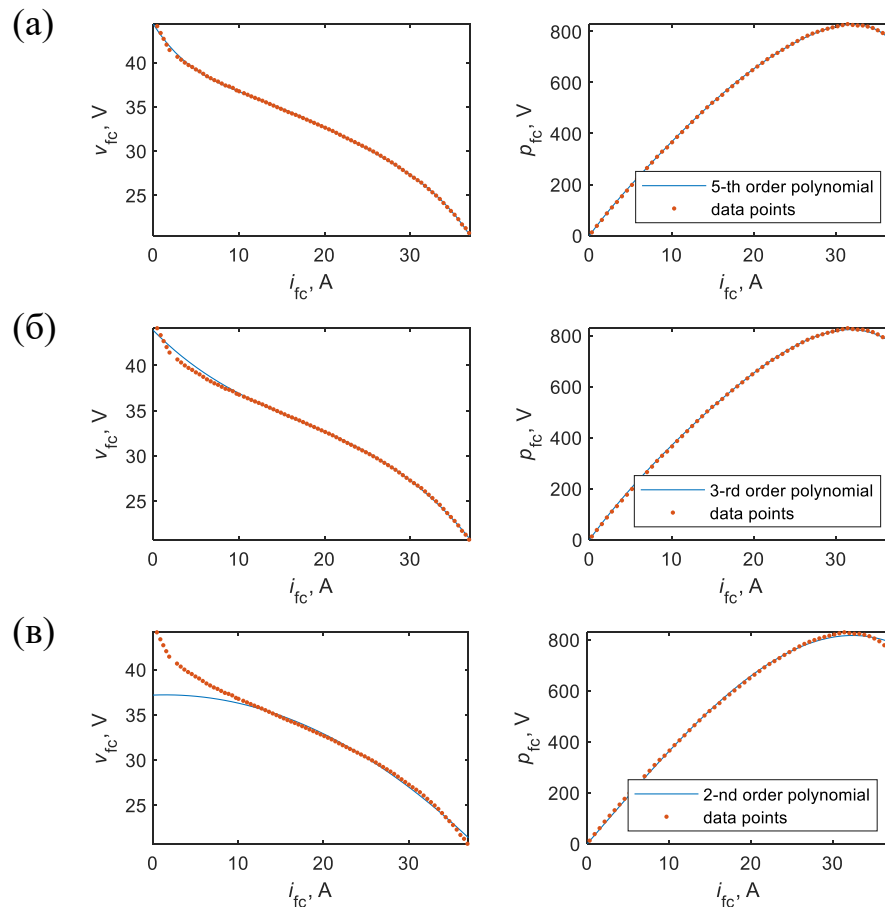


Рис. 2. Апроксимація кривої поляризації стеку ПК типу SR-12 (зліва) поліномом п'ятого (а), третього (б) і другого (в) порядків, та відповідні їм криві вихідної потужності ПК та експериментально зняті дані

### Бібліографічний список

1. B. Somaiah and V. Agarwal, "Distributed Maximum Power Extraction From Fuel Cell Stack Arrays Using Dedicated Power Converters in Series and Parallel Configuration", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 31, no. 4, pp. 1442-1451, 2016.
2. S. George "A comprehensive review on modelling and maximum power point tracking of PEMFC", *Cleaner Energy Systems*, vol. 3, art. 100031, 2022.
3. H.F. Gharibeh, *et al.*, "Energy management of fuel cell electric vehicles based on working condition identification of energy storage systems, vehicle driving performance, and dynamic power factor", *Journal of Energy Storage*, vol. 31, art. 101760, 2020.
4. A. Shaheen *et al.*, "Fuel-cell parameter estimation based on improved gorilla troops technique", *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, art. 8685, 2023.
5. Pukrushpan *et al.*, "Control-oriented modeling and analysis for automotive fuel cell systems", *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, vol. 126, no. 1, pp. 14-25, 2004.

# STRUCTURAL DECOMPOSITION OF THE ENERGY-SHAPING CONTROL SYSTEM OF WIND-SOLAR ELECTRIC GENERATING COMPLEX WITH HYBRID ENERGY STORAGE

*Ihor Shchur, DSc, Rostyslav-Ivan Kuzyk  
Lviv Polytechnic National University*

**Abstract:** In order to ensure effective control of the wind-solar power generating complex with a hybrid energy storage system, the structural decomposition of the energy-shaping control system was used in the work with the aim of reducing the order of the system and simplifying the procedure of the synthesis of the system's control influence formers. Simulation studies made it possible to determine the best option for the decomposition of the complex studied dynamic system.

**Keywords:** wind-solar electricity generating complex, hybrid energy storage system, passivity-based control, structural decomposition.

The effectiveness of the autonomous provision of electrical energy to consumers has caused both a jump in the development of autonomous power generating complexes using renewable energy sources (RES) and new problems in finding optimal approaches to their control. Considering the stochastic nature of energy generation from RES, it is advisable to combine in one complex various sources of energy generation, such as wind and solar photovoltaic installations, as well as the use of hybrid energy storage systems, for example, storage batteries and supercapacitors [1].

The use in the system of so many types of electrical devices with different principles of operation and tasks complicates the implementation of the complex control system. Recently, the port-Hamiltonian System (pHS) apparatus has been used for mathematical modeling of the operation of such predominantly nonlinear dynamic multiphysics systems and the development of their effective control [2]. This approach is as close as possible to the real physical interpretation of the system, in which pairs of variables, the product of which is always a power, interconnect individual subsystems. A similar energy approach is used in the method of synthesis of energy-shaping control of the system by introducing additional interconnections and damping assignment (IDA). Since in the steady state the total energy of the synthesized system (Hamiltonian) always has a minimum, such control always ensures the asymptotic stability of the nonlinear system.

In this paper, the pHS apparatus and the IDA method are applied to a wind-solar power generation complex with a hybrid battery-supercapacitor energy storage system (Fig. 1). Considering the need for all elements to work on common DC-bus, they are all connected to the latter through appropriate DC-DC converters.

Taking into account the high order of the system of equations describing the operation of the complex, and, as a result, the difficulties in synthesizing the control system, the paper proposes the use of structural decomposition. This decision made it possible to divide the system into several subsystems of a smaller order and carry out a structural synthesis of their control systems using the IDA method in the

MathCAD environment in accordance with the tasks set by the control strategy. The parametric synthesis of the received formers of control influences for subsystems was carried out by means of computer simulation in the Matlab/Simulink environment.

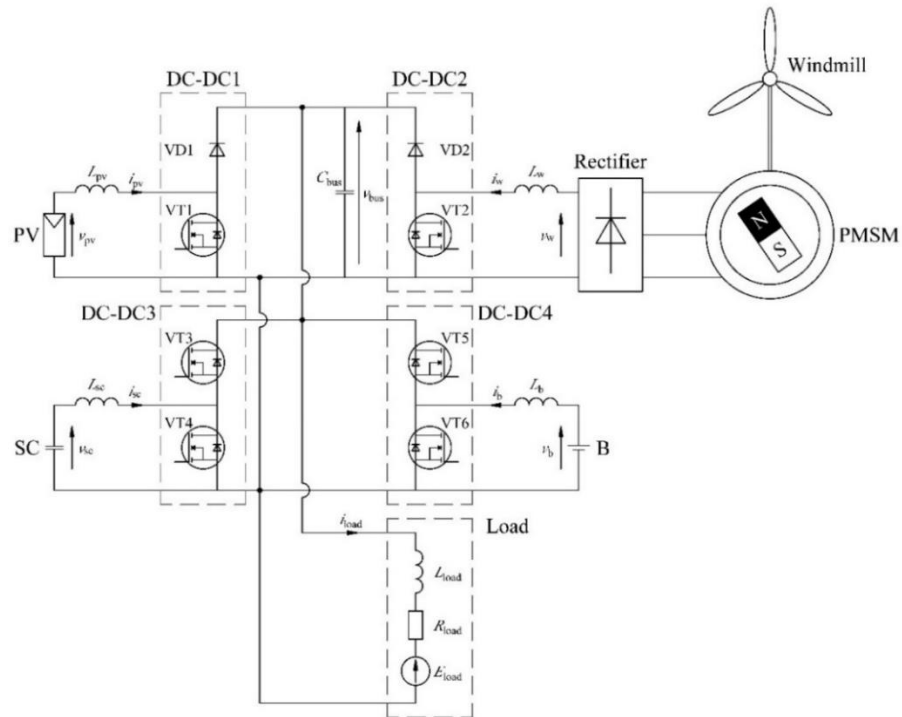


Fig. 1. Functional electrical scheme of a wind-solar power generating complex with a hybrid energy storage system

The work compares the quality indicators of the control of the studied power-generating complex for several options for the synthesis of energy-shaping control: 1) one general system, 2) decomposition of the general system into two subsystems - power-generating and accumulating, 3) decomposition of the general system into four separate subsystems. The results of computer simulation showed that the best results in terms of control quality are shown by structural decomposition of the whole system into separate subsystems that are united by common goals, for example, the battery-supercapacitor energy storage system that provides stabilization of the DC-bus network voltage and load distribution between the battery and the supercapacitor module. Other subsystems whose goals are not aligned are best controlled by their separate synthesized systems, which in such cases may provide better quality control performance. In addition, in the case of structural decomposition, the procedure for synthesizing energy-shaping subsystem control systems is greatly simplified.

### References

1. Biletskyi Yu., Shchur I., Kuzyk R.-I. Passivity-based control system for stand-alone hybrid electrogenerating complex. *Applied Aspects of Information Technology*. 2021. Vol. 4 (2). P. 140–152.
2. Van der Schaft A. Port-Hamiltonian modeling for control. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*. 2020, Vol. 3. P. 393-418.

# ANALYZING THE EFFICIENCY DIFFERENCES BETWEEN MONOCRYSTALLINE AND POLYCRYSTALLINE SOLAR CELLS

*R. Oksenysh, O. Miroshnyk, D.Sc., D. Dryga, N. Kryvohyga, I. Sinaev, K. Kharkovska, Department of Electricity Supply and Energy Management, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

**Abstract.** The efficiency of solar cells is influenced by various factors, including light intensity and temperature. This analysis aims to compare the performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels under varying light intensities and temperature conditions. Both types of panels with a peak capacity of 50 W were subjected to controlled indoor experiments using artificial lighting, with light intensities ranging from 2.21 to 331.01 W/m<sup>2</sup> at a distance of 50 sm from the panel. The analysis also investigates the impact of temperature on power output, finding that monocrystalline panels exhibit better temperature resistance. The results indicate that solar panel efficiency increases with higher light intensity, with monocrystalline panels outperforming polycrystalline panels at the highest intensity tested, achieving an efficiency of 12.84% compared to 11.95% for polycrystalline panels.

**Key words:** Solar panels, solar power plant, monocrystalline, polycrystalline.

## Introduction

Solar cells, also known as photovoltaic cells, harness sunlight to generate electricity. They are integral to sustainable energy production and have several technologies, including monocrystalline and polycrystalline silicon panels, which are widely used. The efficiency of solar panels depends on multiple factors, such as environmental conditions and electrical parameters [1]. Ensuring that solar panels operate at their Maximum Power Point (MPP) under various conditions is crucial, and Maximum Power Point Tracking (MPPT) controllers help achieve this [2].

Temperature plays a significant role in solar panel efficiency, as increased heat can lead to reduced power capacity. Monocrystalline panels exhibit greater resistance to temperature fluctuations compared to polycrystalline panels [8]. Hence, it is essential to analyze the efficiency and lifespan of these panel types under varying environmental conditions.

## Analysis Methodology

### A. Solar Radiation

The sun emits electromagnetic waves, including visible light and infrared, which can be converted into electricity by solar cells through the photovoltaic effect. Light intensity can be measured using a lux meter, with lux being the unit for measuring light intensity. Although there is no direct conversion between lux and W/m<sup>2</sup>, a rough estimate suggests approximately 0.0079 W/m<sup>2</sup> per lux. Solar irradiation, the amount of solar power received per unit area, depends on factors like the angle of incidence, influencing the radiation received by solar panels [3].

### B. Types of Solar Cells

Solar cells come in various types, categorized based on their manufacturing technology. Monocrystalline panels are made from pure silicon crystal bars, resulting in high efficiency (around 15% - 20%) but also higher costs. These panels

often have a hexagonal or round shape, leading to some empty space in solar modules [4].

### C. Characteristics of Solar Cells

Solar cells exhibit non-linear characteristics, which can be graphically represented through current-voltage curves. Key parameters for solar cell analysis include short-circuit current ( $I_{sc}$ ), open circuit voltage ( $V_{oc}$ ), maximum power ( $P_{max}$ ), and the fill factor (FF). The fill factor is an indicator of solar cell quality, with values above 0.7 indicating superior performance [9].

### D. 50 Wp Monocrystalline Solar Panel Data Analysis

The performance of a 50 Wp monocrystalline solar panel was analyzed under controlled conditions. The experiment considered light intensities ranging from 2.21 to 331.01 W/m<sup>2</sup>. The findings revealed a direct relationship between light intensity and solar panel efficiency. At the highest tested intensity of 331.01 W/m<sup>2</sup>, the monocrystalline panel exhibited an efficiency of 12.84%.

### Conclusion

This analysis demonstrates that the efficiency of monocrystalline and polycrystalline solar panels varies with light intensity and temperature. Monocrystalline panels exhibit higher temperature resistance and outperform polycrystalline panels at higher light intensities. These findings provide valuable insights into the performance of different solar panel technologies under various environmental conditions, guiding their optimal utilization.

### References:

1. Md Faysal Nayan, S.M. Safayet Ullah, S. N. Saif, "Comparative Analysis of PV Module Efficiency for Different Types of Silicon Materials Considering the Effects of Environmental Parameters". 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT). 2016
2. C.F. Gabra, A. A. Hossam-Eldin, Ahmed Hamza H. Ali, "A Comparative Analysis Between the Performances of Monocrystalline, Polycrystalline and Amorphous Thin Film in Different Temperatures at Different Locations in Egypt". Conference, Africa Photovoltaic Solar Energy Conference (Africa PVSEC), Durban, South Africa. March 2014.
3. O. Savchenko, O. Miroshnyk, O. Moroz, I. Trunova, A. Sereda, S. Dudnikov, O. Kozlovskiy, R. Buinyi, S. Halko, "Improving the efficiency of solar power plants based on forecasting the intensity of solar radiation using artificial neural networks", in 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week). 2021. P. 137-140. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570009>
4. Halko S., Halko K., Suprun O., Qawaqzeh M., Miroshnyk O. "Mathematical modelling of cogeneration photoelectric module parameters for hybrid solar charging power stations of electric vehicles", in 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2022. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916397>.
5. Desideri, U., Zapparelli, F., & Garroni, E. (2013). Comparative analysis of concentrating solar power and photovoltaic technologies: Technical and environmental evaluations. Science Direct, 765-784.
6. K. Minakova, R. Zaitsev, "Biaxial Heat Balance Model of Solar Collector," Journal of nano and electronic physics. 2022, Vol. 14, No. 4. pp. 1-4. [https://jnep.sumdu.edu.ua/en/full\\_article/3530](https://jnep.sumdu.edu.ua/en/full_article/3530)
7. V. Pazyi, O. Miroshnyk, O. Moroz, I. Trunova, O. Savchenko and S. Halko, "Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position," 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 57-60. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250080>
8. Alternative Energy. (n.d.). Solar Inverter Sizing. Retrieved from altenergy: <http://www.altenergy.org/renewables/solar/DIY/inverter-sizing.html>
9. Eduard Muljadi, "Renewable Energy Solar PV – Electrical Characteristics". Workshop PV Technology Principle, Research and Application in Indonesia, Word Class Professor, Department of Electrical Engineering ITS, Surabaya, Auburn University. 2019.

# IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF "SMART GRIDS" WITH THE HELP OF MODERN CONTROL SYSTEMS IN COMBINATION WITH THE OPERATION OF RENEWABLE SOURCES AND ELECTRICITY STORAGE

*D. Myrgorod, R. Oksenysh, O. Miroshnyk, D.Sc., O. Moroz, D.Sc. Department of Electricity Supply and Energy Management, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

**Abstract.** The article presents the concept of the dispatch control system of the 110/35/10/6 network of the Kharkiv region, which includes the connection of renewable energy sources (RES) to the network. ADMS in 2023-2025, as well as "the introduction of shutdown management systems (SMS), measurement data collection and processing systems (MDCPS), geo-information systems, etc., their integration into the power grid management system in real time in 2022-2035." An overview of the selected technologies was conducted and their technological aspects were characterized.

**Keywords:** Solar power plants, control system, ADMS, SMS, MDCPS, LES, RES

One of the urgent problems facing the energy industry, in the context of ensuring security of supply and operational security, is a significant increase in the maneuverability of the power system, which was previously insufficient, but in the context of the rapid expansion of capacities from renewable energy sources, this problem has become the most acute. For today there is a large number of technologies for solving this problem, in particular, highly maneuverable thermal generation with the possibility of quick start-up, highly maneuverable hydro-storage power plants, electric energy storage systems for maintaining and regulating the frequency, consumers-regulators based on thermal energy storage technologies, electric energy storage systems on battery base.

There are many possibilities for automatic control of the main grid with connected solar power plants and electric energy storages with the help of dispatch control, but the most important is the choice of the places of installation of solar plants and the possibility of regulating the generation and delivery of electric energy to the network, depending on the level of consumption and voltage, especially in times of maximum and minimum consumption [1, 2].

The development of local electrical systems (LES) and distributed energy sources (DES) also has a significant scientific and social effect, which, for example, consists in the use of modern technologies in solar panels of SES and in energy storage, the use of automated distribution management systems (ADMS), outage management (OMS), measurement data collection and processing systems (MDCPS) [3, 4]. The latter creates conditions for: flexible regulation of node voltage levels as indicators of the quality of electrical energy; management of directions and values of currents in linear and transformer branches of the scheme of distribution networks and avoidance of their emergency overloads; reduction of the share of the

cost of traditional types of fuel in the cost of electricity supplied to consumers; reducing the impact of traditional sources of electricity on the environment due to reducing their generation, reducing the cost of products produced by consumers due to reducing the cost of electricity consumed from the power supply center [5, 6].

Automatic RES control systems can be located at a great distance from the solar stations themselves. It is proposed to use the ADMS, SMS, MDCPS systems for the automatic management of renewable energy resources and means of dispatching control and management of them. Remote control devices provide the flexibility and controllability necessary for optimal operation of LES equipment and reduction of the negative impact, for example, of SES on LES parameters [7].

Digitization and integration of renewable energy sources stimulate the development of global energy, therefore the above-mentioned complexes provide a high level of reliability and flexibility of the electric network, as well as protection against cyber attacks and allow reducing the costs of energy enterprises.

The implementation of ADMS, SMS, MDCPS complexes, which are based on microprocessors and have a secure connection via the Internet, will allow to reach a qualitatively new level of dispatch control of the 110/35/10/6 kV network and ensure the introduction of Smart Grid technologies at the level of distribution networks. Also, these complexes will have a high level of information protection and will meet the requirements of ENTSO-E in continental Europe.

### References:

1. V. Pazyi, O. Miroshnyk, O. Moroz, I. Trunova, O. Savchenko and S. Halko, "Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position," 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 57-60. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250080>
2. Alternative Energy. (n.d.). Solar Inverter Sizing. Retrieved from altenergy: <http://www.altenergy.org/renewables/solar/DIY/inverter-sizing.html>
3. Eduard Muljadi, "Renewable Energy Solar PV – Electrical Characteristics". Workshop PV Tecnology Principle, Research and Application in Indonesia, Word Class Professor, Department of Electrical Engineering ITS, Surabaya, Auburn University. 2019.
4. O. Savchenko, O. Miroshnyk, O. Moroz, I. Trunova, A. Sereda, S. Dudnikov, O. Kozlovskiy, R. Buinyi, S. Halko, "Improving the efficiency of solar power plants based on forecasting the intensity of solar radiation using artificial neural networks", in 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week). 2021. P. 137-140. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570009>
5. Halko S., Halko K., Suprun O., Qawaqzeh M., Miroshnyk O. "Mathematical modelling of cogeneration photoelectric module parameters for hybrid solar charging power stations of electric vehicles", in 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2022. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916397>.
6. Ngamroo I. Robust coordinated control of electrolyzer and PSS for stabilization of microgrid based on PID-based mixed H2/H control. Renewable Energy, 2012, 45, p. 16-23.
7. On the establishment of "green" tariffs for electric energy for business entities and surcharges to "green" tariffs for compliance with the level of use of Ukrainian-made equipment: Resolution of the NCRECP dated 06/30/2016 No. 1187. [Electronic resource] - Official Gazette of Ukraine - Kyiv: Parlam. edition, 2016, 62, p. 21-27. <http://www.nerc.gov.ua/web/printable.php>.



# ВПЛИВ ВЗАЄМНОГО РОЗТАШУВАННЯ РОТОРІВ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВИХ ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВОК НА МАКСИМАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ МОМЕНТУ І ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

*В.М. Головка<sup>1,2</sup>, д-р техн. наук, проф.,*

*Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”,*

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України*

*М.Л. Сургайло, канд.техн.наук, Національний аерокосмічний університет ім.*

*М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»*

In the thesis the synchronous operation of three vertical-axis wind driven power plant rotors with three straight blades is considered. Modeling of the rotors was carried out using a model of potential flow around a rotating permeable cylinder. The dependences of the moment coefficient and the power coefficient on the speed ratio for each rotor of the group were obtained. The influence of the distance between the rotors on the maximum values of the power coefficient and the moment coefficient for each arrangement scheme was studied.

Key words: vertical-axis wind driven power plant rotors, moment coefficient, power coefficient, relative arrangement of rotors, aerodynamic characteristics of vertical-axis wind driven power plant with straight blades, modeling of vertical-axis wind driven power plant rotor.

Дослідження [1, 2] показали, що взаємне розташування роторів вертикально-осьових ВЕУ значно впливає на їх аеродинамічні характеристики, тому його необхідно враховувати при проектуванні комплексів ВЕУ.

Розглянуто розташування трьох роторів з вертикальною віссю з прямими лопатями вздовж осі  $Ox$ , вздовж осі  $Oy$  та в порядку, наведеному на рис. 1.

При виконанні комп'ютерного експерименту використовувалась математична модель потенціального обтікання проникного циліндра [3], для якої поставлено змішану крайову задачу для рівняння Лапласа. Модель дозволяє отримати не тільки аеродинамічні характеристики роторів, а й розподіл швидкостей і кутів атаки за колом обмаху.

Досліджено вплив відстані між центрами роторів на залежності кутів атаки та відносної результуючої швидкості за колом обмаху від азимутального кута, коефіцієнта моменту від швидкохідності  $c_m(z)$ , коефіцієнта використання енергії вітру від швидкохідності  $c_p(z)$ , на величини максимальних значень коефіцієнтів моменту  $c_{m_{max}}$  та використання енергії вітру  $c_{p_{max}}$ .

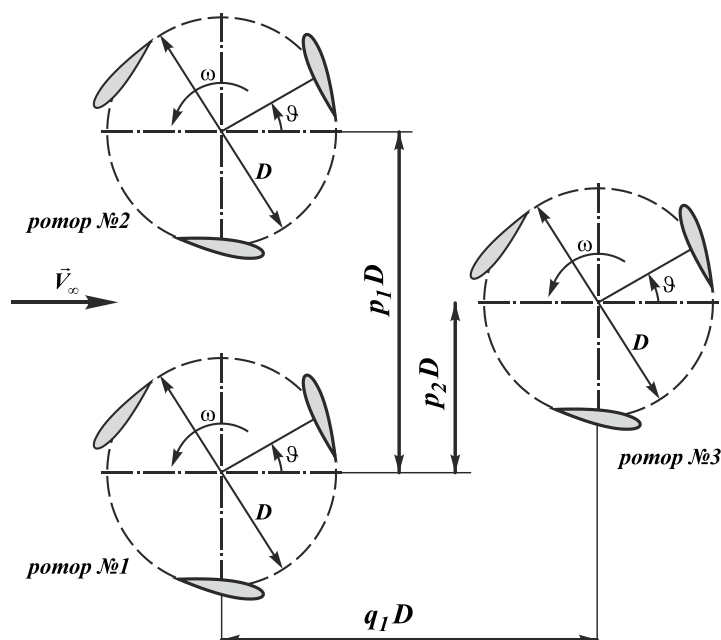


Рис. 1 – Схема взаємного розташування роторів ВЕУ  
 $D$  – діаметр роторів

Встановлено, що за відстані між центрами роторів більше ніж  $(20...30)D$  роботу кожного ротора можна розглядати як ізольованого. Але на відстанях до  $5D$  діапазон кутів атаки лопатей зменшується, в результаті на більшій частині кола обмаху коефіцієнти поздовжньої сили лопатей додатні, що збільшує коефіцієнт моменту роторів. Для кожної схеми розташування роторів надано рекомендації щодо вибору відстані між центрами роторів, що може бути корисним при проектуванні «вітряних ферм»

### Бібліографічний список

1. Dmytro Brega, Sergey Eremenko and Maria Surgailo The effect of vertical wind turbines position pattern on their aerodynamic characteristics Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, 2021. pp. 89-97.
2. Lundquist, J. K., DuVivier, K. K., Kaffine, D. et al. Costs and consequences of wind turbine wake effects arising from uncoordinated wind energy development // Nat Energy. 2019. № 4, p. 26–34.
3. Потенціальне обтікання проникного циліндра стосовно до моделювання ротора вертикально-осьової вітроенергоустановки [Текст] : автореферат дис. канд. техн. наук : 05.14.08 / Марія Леонідівна Сургаїло ; Ін-т відновлюваної енергетики. К., 2014. 20 с.

*Section 2.*  
*Information technologies in energy efficiency, resource and energy saving.*

Laboratory of Energy Saving  
Corps of the Laboratory of Renewable Energy and Energy Saving  
(1 Zelena, b)  
Head of the section: Serhiy Korobka  
Secretary: Roman Krygul

# RESEARCH OF SINGLE-PHASE COMMUTATOR MOTOR WITH AC VOLTAGE CONTROLLER MODEL CREATED USING ANSYS MAXWELL RMXprt

*B. Kopchak, DSc, M. Khai, PhD  
Lviv Polytechnic National University*

**Abstract:** A MATLAB Simulink model has been developed to simulate a single-phase commutator motor with alternating current supply and voltage regulation, utilizing either half-wave or full-wave phase control. The model's development was grounded in the results of project design calculations in Ansys Maxwell RMXprt, with all necessary motor parameters for mathematical modeling being derived. The model with voltage regulation, employing either one or two thyristors, has been thoroughly investigated.

**Keywords:** single-phase commutator motor, Ansys RMXprt, project design calculation

Recent advancements in the realm of electromechanical system modelling, analysis, and synthesis have generated considerable interest in investigating single-phase commutator motors (SPCMs) operating on AC power. The advantages associated with these motors encompass the capacity to achieve remarkably high rotational speeds, their straightforward design, ability to generate substantial torque, compact and lightweight form factor, and their compatibility with AC power sources. Moreover, AC-powered SPCMs facilitate effortless, cost-effective, and seamless speed modulation across a broad spectrum through the implementation of relatively uncomplicated electronic control strategies. As a result, a diverse array of contemporary household appliances, including vacuum cleaners, washing machines, mixers and blenders, along with handheld power tools such as drills, chainsaws and hand saws, are driven by various AC SPCM [1].

Upon conducting a thorough examination of other research endeavors [2], it becomes evident that the challenge of precisely modelling the diverse operating modes of AC SPCMs remains inadequately explored, primarily due to the absence of authentic parameter data. Parameters like power output, rotational speed, and rated voltage are typically obtainable from the datasheets of specific motors, but this information frequently proves insufficient. The lack of actual AC SPCM parameters hinders the ability to comprehensively investigate the mathematical model of the motor or construct a model for a specific real-speed control system. In this study, the Ansys Maxwell RMXprt software [3] was utilized for the project design calculations of different motors. RMXprt is a template-based electrical machine design tool that offers rapid analytical calculations of machine performance and the generation of 2-D and 3-D geometry for detailed finite element simulations in Ansys Maxwell.

The primary goal of this article is to create and analyze an AC SPCM model with voltage regulation using either half-wave phase control or full-wave phase control in the MATLAB Simulink. This model is based on data obtained from design calculations in Ansys Maxwell RMXprt and the actual thyristor datasheet.

Let's consider a scenario where the motor calculation task includes the following data:  $P_n = 550 \text{ W}$ ,  $P_{2n} = 430 \text{ W}$ ,  $\omega_n = 11,700 \text{ rpm}$ ,  $U_n = 220 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ , and prolonged operation mode. Using Ansys Maxwell RMxprt we conducted the motor's project design calculation, yielding the following results, applicable for constructing the mathematical model at rated current  $I_a = 3.3 \text{ A}$ :  $R_a = 1.569 \text{ } \Omega$ ,  $R_f = 0.98 \text{ } \Omega$ ,  $L_a = 0.003585 \text{ H}$ ,  $L_f = 0.03485 \text{ H}$ ,  $k_\phi = 0.000191$ ,  $k_a = 286.6$ .

The analysis of ways to improve the characteristics of the AC SPCM, and accordingly its efficiency, shows that the first place in terms of influence is the materials used, and the second place is the geometry of the stator and rotor. Thus, Ansys Maxwell RMxprt made it possible to work out the geometry of the stator and rotor very precisely, the result is shown in Fig. 2, compared to the traditional method of project design [2], and to ensure the best characteristics of the SPCM.

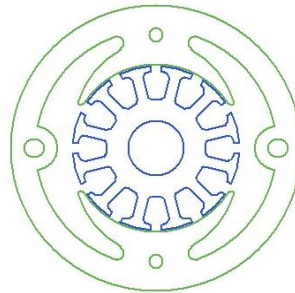


Fig.1. Stator and rotor geometry of AC SPCM

Leveraging the data obtained from the design calculations and the universal motor model in the MATLAB Simulink, we have developed an appropriate AC SPCM model with voltage regulation, utilizing either one (half-wave phase control) or two (full-wave phase control) thyristors, and the capability to simulate changes in the shaft load (see Fig. 2).

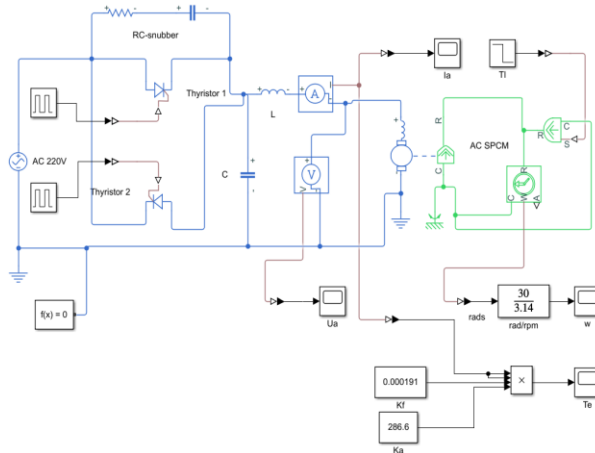


Fig. 2. MATLAB Simulink model of AC SPCM with voltage regulation

## References

1. Jufer M. Electric Drives: Design Methodology. John Wiley & Sons, 2013.
2. Kopchak B., Kopchak M., Kushnir A., Research of alternating current single-phase collector motor models developed on the basis of project design data. *XVth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design. MEMSTECH. 2019. P. 135-139.*
3. Gadala M. Finite elements for engineers with Ansys applications. Cambridge university press, 2020.

## МОДЕЛЬ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*С. Ю. Запорожцев<sup>1</sup>, к.т.н., І. Г. Ільге<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування*

*<sup>2</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

**Abstract.** The problem of choosing an electric generator is analyzed taking into account the experience of power outages to consumers. The choice of an electric generator is a decision-making task under conditions of uncertainty. To solve the problem, the analytic hierarchy process was chosen. A hierarchical model of four levels was built, groups of criteria were defined, as well as the criteria themselves. The proposed model formalizes the problem of choosing an electric generator and allows you to select an alternative with an optimal generalizing criterion.

**Keywords:** a decision-making task under conditions of uncertainty, analytic hierarchy process, choosing an electric generator, hierarchical model, optimal generalizing criterion.

Внаслідок широкомасштабного вторгнення в Україну та обстрілів об'єктів нашої енергетичної інфраструктури, особливо в опалювальний сезон 2022-23 рр., в об'єднаній енергосистемі країни виникла маса проблем, які призвели до введення вимушених графіків почергового відключення споживачів від електроенергії або так званих «блек-аутів». Відповідно, гостро постало питання альтернативних джерел електричної енергії як для підприємств, установ та організацій, так і для індивідуальних домогосподарств. Величезний тогорічний попит на електрогенератори став причиною необґрунтовано завищених, а іноді і відверто спекулятивних цін на них.

Цього року ситуація хоч і виглядає краще і більш прогнозованою з огляду на те, що енергетики та населення вже усвідомлюють, з якими викликами можуть стикнутись, але треба також розуміти, що існує величезна невизначеність, що саме може відбуватись в цій сфері.

Сама по собі невизначеність – ситуація досить складна для ухвалення рішення. В загальному вигляді, завдання обґрунтування рішення в такому випадку зводиться до звуження вихідної множини альтернатив на основі інформації, яку має особа, що приймає рішення (ОПР) [1]. При ухваленні рішення необхідно: скласти прогноз майбутніх умов; розробити перелік можливих альтернатив; оцінити результати альтернатив; оцінити альтернативи за обраними критеріями; визначити рішення. Однак треба пам'ятати, що ОПР об'єктивно неспроможна оцінити ймовірності появи різних умов та прогноз може не викликати довіри. В умовах невизначеності для прийняття рішень, наприклад, по вибору генераторів, можна використовувати різні підходи.

Відомо, що основними групами методів прийняття рішень є аксіоматичні, евристичні та вербальні. До першої групи можна віднести такі підходи, як

багатокритеріальна теорія корисності, теорія розмитих множин та інші. Евристичний підхід відповідає складним ситуаціям, що повторюються і не піддаються безпосередньому математичному аналізу. Процес вибору та рішення моделюється так, щоб відтворювався перебіг міркування людини.

В обох підходах спостерігаються протиріччя, для подолання яких деякі автори пропонують застосовувати вербальний (порядковий) аналіз рішень. До такого типу відноситься відомий метод аналізу ієрархій (МАІ), який полягає в декомпозиції загальної проблеми побудовою ієрархічної структурної моделі [2].

На верхньому рівні моделі знаходиться, в нашому випадку, сам вибір електрогенератору. На другий рівень ієрархії пропонується розташувати чотири групи критеріїв [3]: технічні, економічні, експлуатаційні та ергономічні. Розглянемо більш детально третій рівень, який містить перелік критеріїв по вказаним групам.

До технічної групи критеріїв запропоновано внести наступні: кількість фаз, потужність, моторесурс, тип палива, габарити, вага, мобільність, тривалість безперервної роботи, тип охолодження, тип пуску (ручний або електронний).

Економічну групу показників складають такі: ціна або вартість генератору, економічність, собівартість електроенергії, вартість запасних частин та ремонту.

До експлуатаційних критеріїв можна віднести такі: надійність, гарантія, можливість роботи в декількох режимах, захист від перегріву.

І нарешті, в ергономічну групу входять: зручність сервісного обслуговування, наявність автоматичного пуску, можливість підключення віддаленого доступу, рівень шуму, особливості зимового запуску.

На нижньому, четвертому рівні ієрархій знаходяться альтернативи або самі варіанти окремих генераторів.

На основі попарних порівнянь та експертних оцінок альтернатив на кожному рівні з урахуванням оцінок верхніх рівнів ієрархії будується поетапна модель вибору. Побудована модель по МАІ дає змогу обчислити узагальнені вагові коефіцієнти для кожного електрогенератору на всіх рівнях ієрархії та обрати оптимальну альтернативу за обраними критеріями.

### **Бібліографічний список**

1. Теорія рішень. Ухвалення рішень в умовах невизначеності. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія\\_рішень#Ухвалення\\_рішень\\_в\\_умовах\\_не\\_визначеності](https://uk.wikipedia.org/wiki/Теорія_рішень#Ухвалення_рішень_в_умовах_не_визначеності) (Дата звернення: 30.09.23).
2. Метод аналізу ієрархій. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод\\_аналізу\\_ієрархій](https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_аналізу_ієрархій) (Дата звернення: 30.09.23).
3. Ільге І.Г. Модель вибору САУ дорожньої фрези. Вісник ХНАДУ, вип. 92, 2021, т. 1. с.103-108. URL: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.0.103> (Дата звернення: 30.09.23).

# DISTRIBUTED SYSTEM FOR MONITORING AND COMPENSATION OF HARMONIC COMPONENTS IN ELECTRIC NETWORKS

*M. Syvenko, PG, O. Miroshnyk, DSc, O. Moroz, D.Sc., A. Pavlov, Department of Electricity Supply and Energy Management, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

**Abstract.** The problem of monitoring and ensuring the quality of electrical energy is studied using the example of detection and suppression of high-order harmonics, currents and voltages in different sections of the network. The principles of constructing a monitoring system and implementing a methodology based on the use of vector measurement devices have been developed. A method has been developed for determining the optimal values of reactance to reduce the level of harmonic oscillations in local networks using a dynamic voltage distortion compensator.

**Key words:** Monitoring system, compensation of harmonic, electricity quality, distributed system, VMD.

The presence of harmonic components, as well as voltage and frequency deviations, have a negative impact on the operation of local power supply systems and energy efficiency. Increasing the efficiency of local power supply systems by monitoring the distribution of harmonics and the impact on controlled reactive elements of the system through a dynamic voltage distortion compensator using the method of successive approximations [1].

Based on the analysis of the distribution of harmonics of higher orders in different parts of the power system, it is possible to create a control scheme for the operation of controlled capacitor compensating devices, active and passive filters [2-3]. To carry out this procedure, it is possible to use vector measurement devices (VMD). To do this, sensors are installed at the nodal points of the power system (generators, distribution substations) to measure instantaneous values of currents and voltages. After processing this information, a decision is made about the influence of the dynamic compensator of voltage distortions (DCVD) on variable (controlled) reactive elements - capacity  $C_r$  and inductance  $L_r$ .

Using the method of successive approximations, the point is to arbitrarily change within small limits one of the parameters, for example, adjustable inductance, it is possible to observe the system response [4]. The ratio of the power of the main harmonic  $P_1$  to the power of harmonics of higher orders  $P_{HH}$  is used as the target function.

$$\frac{P_1}{P_{HH}} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

where:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  - values of variable reactive elements affecting the frequency properties of the network.

It should be noted that  $x_1, x_2$  are variables that can be changed remotely from the control center. The values of  $x_3, x_4$ , etc. are quasi-constant and change in the process of changing the operating modes of the system [5-7]. In order to determine the principal possibility of setting variables and explain the approach, let's consider a special case.



It is necessary to ensure the highest possible quality of electrical energy at the connection point (*ab*) of the linear receiver [8]. Assume that the inductance of the generator  $L_g$ , the distributed capacity  $C_d$ , the distributed inductance  $L_d$  and the inductance of consumers  $L_{nc}$  and  $L_{lc}$  are unchanged. And the regulated capacity  $C_r$ , the inductance of the regulated reactor  $L_r$ , are considered variable values.

Based on the analysis of the distribution of harmonics of higher orders with the help of vector measurement devices located at different nodal points of the power system, and measuring the instantaneous values of currents and voltages, the most effective use of the dynamic compensator of voltage distortions when working by the method of successive approximations becomes possible.

### References:

1. J. McDonald, "Adaptive intelligent power systems: Active distribution networks," *Energy Policy*. 2008. Vol. 36, Is. 12, pp. 4346-4351 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.038>
2. M.M. Kulik, V.P. Horbulin, O.V. Kirylenko, "Conceptual approaches to the development of the energy industry of Ukraine (analytical materials)," Institute of General Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2017
3. I. Trunova, O. Miroshnyk, O. Savchenko and O. Moroz, "The perfection of motivational model for improvement of power supply quality with using the one-way analysis of variance," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* 2019, 6, pp. 163-168. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-6/24>
4. S. Tymchuk and O. Miroshnyk, "Calculation of energy losses in relation to its quality in fuzzy form in rural distribution networks," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, vol. 1, no 8, pp. 4-10. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.36003>
5. S. Shevchenko, D. Danylchenko, D. Kuznetsov, S. Petrov, "Use of capacitor batteries to improve the quality of electrical energy," 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2021 - Conference Proceedings, 666-669. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570023>
6. I. Trunova, O. Miroshnyk, O. Savchenko, O. Moroz "The perfection of motivational model for improvement of power supply quality with using the one-way analysis of variance," *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* 2019, vol. 6, pp. 163-168. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-6/24>
7. Syvenko, M., Miroshnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Pavlov, A., Pazyi, V., Qawaqzeh, M., Al Issa, H.A., Danylchenko, D., Halko, S., Buinyi, R. Coverage of Load Schedule Peaks Using Power Storage Systems in 10 kV Electrical Distribution Networks (2022) 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 - Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916479
8. V. Pazyi, O. Miroshnyk, O. Moroz, I. Trunova, O. Savchenko and S. Halko, "Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position," 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 57-60. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250080>

## MODEL AND ALGORITHM OF RESEARCH OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF ARC STEEL MELTING FURNACES

*V. Hudym, Dr. Sc., A.Tryhuba, Dr. Sc., I. Horodetsky, PhD, Lviv National Environmental University, S. Ziarkowski, Ms.Sc, Krakow Polytechnic, (Poland), V. Kosovska, Ph.D., Lviv Polytechnic National University*

The up to date level of information technologies has ensured significant gains in almost all industries, including the power industry. In particular, this concerns the rapid development and implementation of energy-saving modes of energy facilities and increasing the longevity of their functioning due to effective methods using modern computer technology. Practice has shown that research directly at operating facilities of the power industry is extremely dangerous for power electrical equipment due to the high risk of accidents. In addition, the methods of mathematical modeling using modern computer technologies make it possible to significantly more deeply investigate various modes in electric power systems and their components. This is quite important during the implementation of a new technical solution, when the parameters of power electrical equipment must be checked from the point of view of electromagnetic compatibility with existing power supply systems. This especially applies to power supply systems of powerful arc steel melting furnaces, which are equipped with devices for improving electrical conditions, for example, passive filters and compensators.

Technological and emergency turning off and turning on of furnace units are accompanied by long-term transient processes, which are destructive for the elements of passive filters of current harmonics. Avoidance of such modes is possible in the case of optimal selection of the parameters of filter-compensating device elements, but the solution of this problem requires the implementation of an appropriate research program.

Mathematical modeling is optimal for the study of power supply systems (EPS) of powerful arc steel furnaces (ASF), in which the dynamic resistances of electric arcs change according to a random law and within wide limits. The method of mathematical modeling makes it possible to perform various complex experiments. Attempts by many scientists to investigate the arc steel furnaces modes with the help of mathematical models using explicit methods of integration of systems of differential equations often did not give the desired result. This required the development of adequate mathematical models using stable numerical methods for solving systems of equations, especially in cases of sudden changes in the parameters of nonlinear elements or the appearance of differential parameters with negative values. Thus, there is a problem of creating an adequate mathematical model of arc steel furnaces power supply systems with devices for electrical modes improving.

The mathematical model of power supply systems of the powerful arc steel furnaces based on Kirchhoff's first and second laws for these conditions (EPS ASF) in the form of matrix-vector equations was developed. In model following parameters were used: the topological matrices of the graph of electric and magnetic circuits of power supply systems; diagonal matrix of resistive elements of electric circuits; matrices of dissipation inductances of transformers, autotransformers and filter-compensating circuits; transformation coefficients of transformers and power supply systems autotransformers; matrices of turns of primary and secondary windings of transformers and autotransformers, etc.

For the numerical integration of the mathematical model, the method of backward differentiation formulas was used, while the derivatives of current, flux linkage, and voltage were replaced by an approximating polynomial.

The algorithm or block diagram was developed for practical implementation and use of mathematical models for research.

The adequacy of the mathematical model was checked by comparing the results of experimental measurements on real objects and as a result of modeling.

Fig. 1 shows the curve of the instantaneous current value of the phase of the primary winding of the furnace transformer after its connection to the busbars of the furnace substation

with a voltage of 38.5 kV, obtained by mathematical modeling.

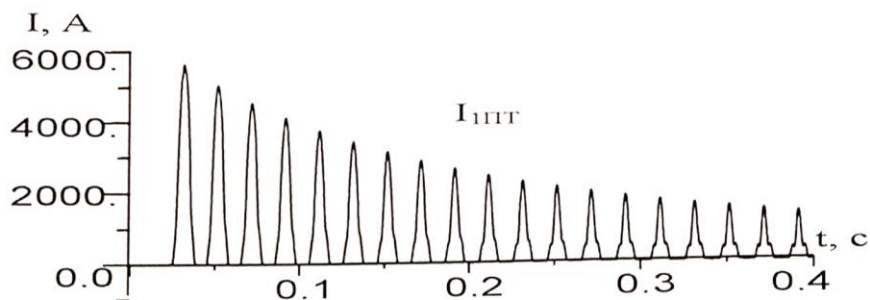


Fig. 1. Simulation results of instantaneous current value.

Quantitative comparison of the value of the first amplitude of the switching current showed that the difference between the measurement and simulation results does not exceed 6%, while the decay rate of the transient process and the shape of the current curves are quite close.

Fig. 2 shows the oscillogram of the B phase current of the battery of static capacitors after it is connected to the buses of the DSP-100 furnace substation during the technological process. It can be seen from the oscillogram that the amplitude of the capacitor battery switching current exceeds the nominal value by almost 3 times and contains the sixth harmonic, and the time of the transient process lasts about 3 periods of the industrial frequency, which corresponds to a time duration of 0.06 s.

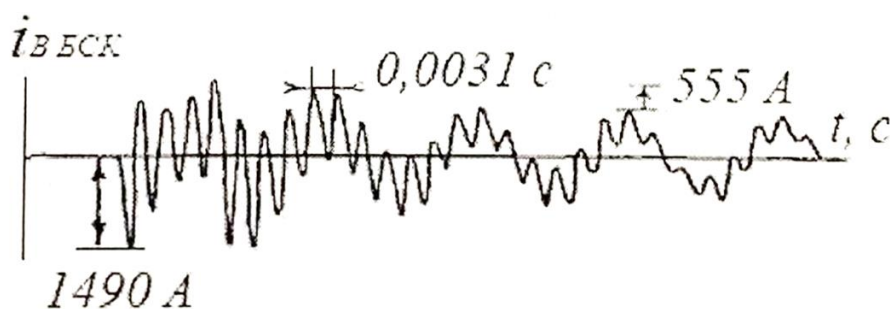


Fig. 2. Oscillogram of the switching current of the static capacitors battery during the technological process.

Fig. 3 shows the graph of the curve of the switching current of the static capacitors battery, obtained by the computer simulation method at the interval of five periods of the industrial frequency.

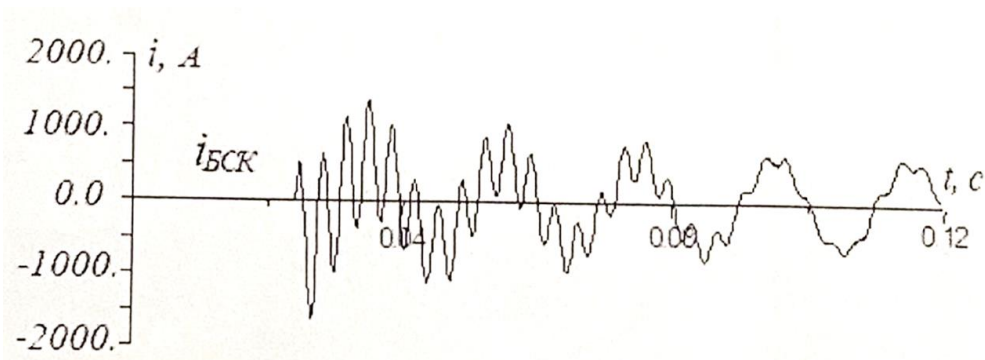


Fig. 3. The result of modeling the switching current of phase "B" of the static capacitors battery during metal melting in an arc steel melting furnace.

A comparison of the shape and magnitude of the instantaneous values of the capacitor bank currents confirms the sufficient level of adequacy of the mathematical model. From the comparison of the results shown in figures 2 and 3 we can see that the frequency spectra and time of the transition process in both cases coincide, while the steady-state amplitudes differ by 4.5%, which indicates the adequacy of the model. The difference in the values of the first amplitudes is explained by the discrepancy in the closing conditions of the switch contacts.

The proposed mathematical model is implemented in the form of an active software complex using the A-stable numerical method of backward differentiation formulas. The implemented model makes it possible to study both stable and transient processes in complex electrical circuits with nonlinear elements. The algorithm for the implementation of the mathematical model ensures the automated formation of systems of equations, which is quite convenient for researching processes and switching modes of power electrical equipment in the power supply system of an electric arc steelmaking furnace.

***Section 3.***  
***Modern information and communication technologies.***

Laboratory of computer-integrated technologies  
Corps of the Faculty of Mechanics, Power Engineering and Information Technologies  
(55M)  
Head of the section: Vadym Ptashnyk  
Secretary: Alla Zheleznyak

# **STUDY OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE COMPONENTS OF THE SEED MIXTURE OF WINTER RAPE AS THE INITIAL CONDITIONS FOR THEIR EVALUATION BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

*Kovalyshyn S., Candidate of Technical Sciences, Nester B., Postgraduate Student, Kovalyshyn O., Candidate of Technical Sciences, Vlasovets V., Doctor of Science Lviv National Environmental University*

Studies have proved the possibility of predicting the basic physical and mechanical properties of the seed mixture, which includes different ratios of winter rapeseed and a bedstraw. It is found that for all modes of operation of the experimental installation for separation is a separation of no more than 61% of the mixture. Further processing requires the use of additional separation methods. The most significant bonds of geometric parameters and mass are length. The results obtained may be a prerequisite for the preparation of data for the construction of a neural network model, which predicts the integral distribution of the seeds of the bedstraw and winter rapeseed, depending on the fraction.

Keywords: artificial neural network, AWS, predictive models, physical and mechanical properties, seed, winter rapeseed, bedstraw

The main obstacle to high-quality seed material of winter rapeseed is difficult-to-separate impurities of weeds contained in it, especially catchweed. In order to separate them from the main culture, it is necessary to study their main physical-mechanical, tribological, and electrical properties and find those that can be used as the main sign of separability. However, these properties for the seeds of winter rapeseed and catchweed are essentially similar to each other. Therefore, the components of the seed mixture of winter rape are separated according to the set of tribological, physical-mechanical, and electrical properties of the constituent components.

Designs of machines and equipment used during post-harvest processing of seed mixtures of winter rape should be compatible with this set of properties. Therefore, in order to design their working parts and select a sign of separability, it is necessary to determine the characteristics of the seeds of winter rapeseed and catchweed. This can be done by successively measuring properties, or by using intelligent systems to estimate such parameters. Neural networks are sufficiently effective computational tools that provide a fast and accurate way of predicting various, especially physical and mechanical properties of seeds of agricultural crops. Models built by neural networks can be retrained and consider the specifics of each region and quickly improved if new types of difficult-to-separate weed impurities are found in the field. The objective of this study was to test the use of neural networks for processing an experimental data set.

A mixture with a different ratio of winter rapeseed and catchweed was used for the research. The geometrical properties of the studied components of the seed mixture of winter rape and catchweed were determined using a Forward SIGETA

electron microscope with an error of  $\pm 0.05$  mm. During the research, 100 seeds of rape and catchweed were evaluated. Having determined the numerical values of thickness, width and length, a distribution function was built and statistical processing was carried out.

AWS SageMaker was used to process measurement results.

The conducted analysis established the distribution of the main geometric characteristics in the studied samples. As the histograms show, the volume of the studied sample did not allow to reliably establish the law of distribution of the studied values.

Non-linear correlation of traits was carried out using Spearman's rank correlation (Fig. 1).

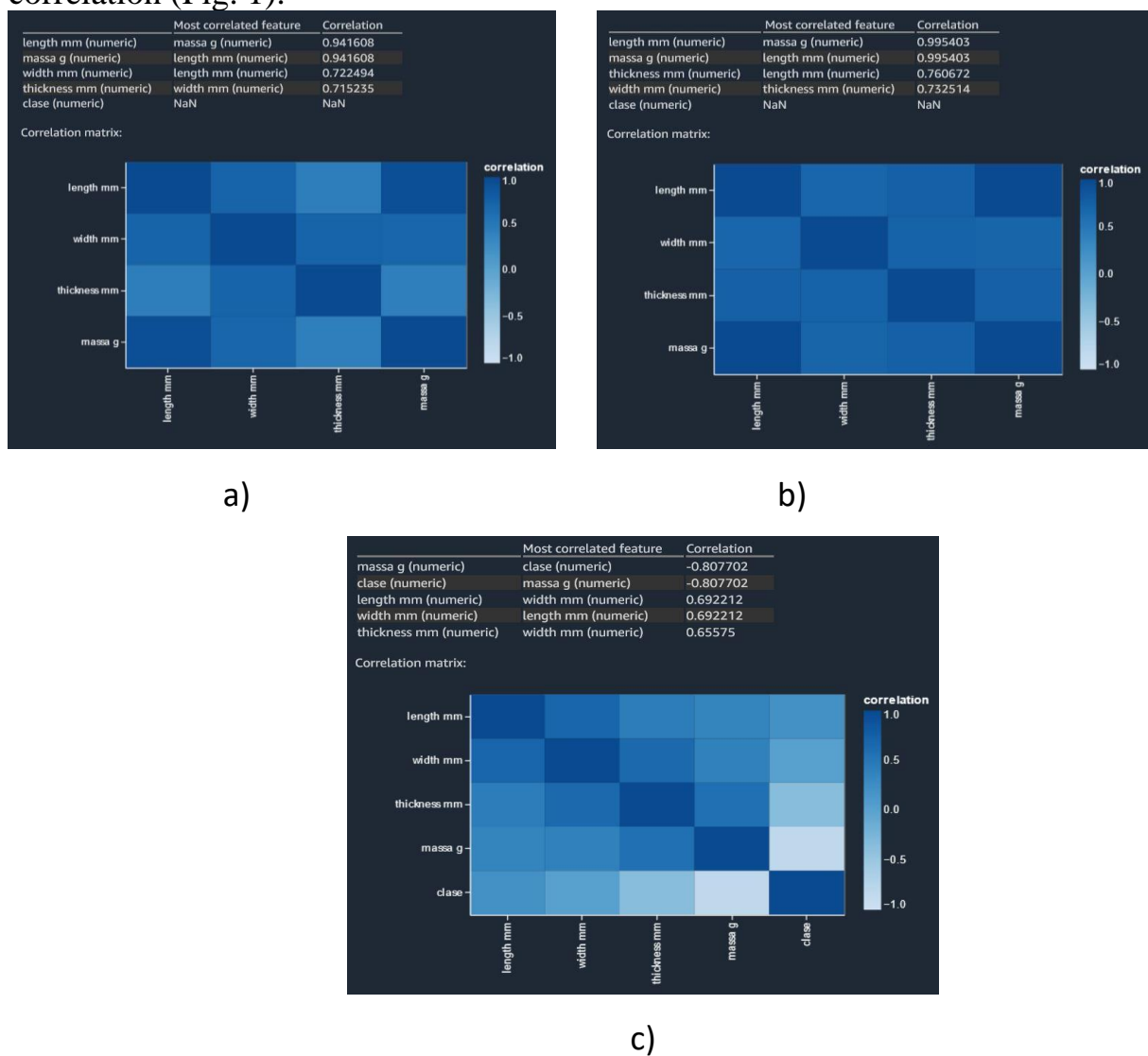


Fig. 1 Correlation matrix of the studied samples: a - winter rape; b - catchweed; c – 1:1 seed mixture of winter rape and catchweed.

Numerical and categorical correlations were calculated by coding categorical features as floating-point numbers that best predict the numerical characteristic before calculating Spearman's rank correlation. The numerical correlation was in the

range [-1, 1], where 0 means “no correlation”, 1 means “perfect correlation”, and -1 means “perfect inverse correlation”. Numeric-to-categorical and categorical-to-categorical correlations are in the range [0, 1], where 0 means “no correlation” and 1 means “perfect correlation”.

It was established that the best correlation for pure samples of crops to mass is the length of winter rape (0.94) and catchweed (0.99), as well as the width - 0.72 and 0.76, respectively. While the mixed sample shows an average correlation of 0.65-0.69 between the main indicators. This indicates the complexity of size separation and confirms the experimental data. We evaluated the distribution of geometric parameters and mass for each culture and their mixture and constructed integral curves of seed distribution. It was established that the sample is characterized by two clear regions, which are characteristic of the winter rape and catchweed, which indicates the possibility of their separation. An evaluation of 16 different AWS SageMaker neural network models showed that to obtain reliable predictive models, it is necessary to increase the data set for analysis, cluster it, and provide its own predictive model for each distribution.

Our studies proved the presence of two clear areas, which are characteristic of the geometric dimensions of catchweed and winter rapeseed, which indicates the possibility of their separation. For the effective use of neural networks, it is necessary to increase the sample size, perform data clustering, and provide a predictive model for each distribution.

#### Bibliographic list

1. Demir Bunyamin, Eski Ikbal, Kus Zeynel, Ercisli Sezai. Prediction of Physical Parameters of Pumpkin Seeds Using Neural Network. [Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca](#). 2023. Vol. 51. No. 2.

2. Taner A, Tekgüler A, Sauk H. Classification of durum wheat varieties by artificial neural networks. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*. 2015.30. P. 51-59.



## ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ АКТИВНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ВЕБ-САЙТУ

*П.М. Луб, к.т.н., доцент*

*Львівський національний університет природокористування*

*В.С. Снічак, к.т.н., викладач*

*Володимир-Волинський фаховий коледж*

*Л.М. Остафінська, викладач, Т.В. Пісак, викладач*

*ВСП «Стрийський фаховий коледж»*

The advantages of information-communication technologies for analyzing the activity of website users are given. The methods of Web-analytics and tools of the Google Analytics system are described. Developed and summarized Google Analytics reports for evaluating user activity. An example of the use of the "Research" layout for tracking user actions when searching for information on the site of the Scientific Bulletin of the LNUP is given.

**Keywords:** information and communication technologies, web-analytics, user activity, analysis, development of information service.

Хмарні сервіси націлені на підтримку різнотипної діяльності користувачів мережі для вирішення цілого ряду завдань від збереження даних до створення та обслуговування віртуальних серверів. Це зумовлене існуванням різних груп та інтернет-спільнот, що взаємодіють в медійному просторі у режимі реального часу. Для контролю діяльності таких спільнот, існує функціональний апарат, який підтримує широкий доступ до інформаційного та розважального контенту для користувачів.

Водночас, сьогодні існує велика кількість хмарних сервісів, котрі застосовуються не тільки для навчання, але й формування власних інформаційних сховищ та розробок, баз даних, матеріалів, аналітичних сервісів для різноманітних підприємств тощо.

Отже, хмарні технології – це сукупність методів та засобів, що ґрунтуються на зборі та систематизації знань про навколишній світ, опрацьовуються на відповідному сервісі та передають через інтернет ресурс інформацію, що є необхідною для користувача (клієнта). Сьогодні ці технології широко використовуються для аналізу активності користувачів на сайтах, що надають інформаційні послуги та продають різноманітні товари.

Для проведення такого аналізу існують сервіси як для загального і безоплатного користування так і корпоративні, що мають значно вужчі завдання та працюють з інформацією комерційного змісту. До таких інструментів аналізу відносять методи Веб-аналіти.

Зокрема, веб-аналітика – це вимірювання, збір, аналіз і звітування веб-даних для розуміння та оптимізації використання веб-сайтів. Веб-аналітика надає інформацію про кількість відвідувачів веб-сайту та кількість переглядів сторінок, або створює профілі поведінки користувачів. Це допомагає оцінити трафік і тенденції популярності, що корисно для дослідження ринку. Розрізняють наступні методи веб-аналітики:

- **Аналіз відвідуваності.** Вивчення активності користувачів на сайті, число унікальних та повторних візитів, визначення можливих причин спадання чи підвищення активності відвідуваності.

- **Аналіз ЦА.** Це географія, девайси та операційні системи, які використовуються, інтереси та демографічні дані.

- **Аналіз джерел трафіку.** Звідки на сайт прийшли користувачі, які канали залучення продемонстрували найбільшу ефективність, яка ціна залучення одного відвідувача, завдяки яким оголошенням чи ключовим фразам прийшли відвідувачі, на які сторінки потрапили.

- **Аналіз юзабіліті.** Вивчення карт прокрутки сторінки, кліків, найбільш популярних сторінок та маршрутів на сайті.

- **Аналіз технічних недоліків.** Пошук помилок, низька швидкість завантаження, наявність дубльованих сторінок тощо.

- **Аналіз даних *e-commerce*.** Найбільш популярні товари, кількість транзакцій, поведінка користувачів на сайті, цикл продажів, дзвінки, середній чек, дохід.

Значний обсяг даних щодо моніторингу активності користувачів на сайті можна отримати також за допомогою стандартних звітів у GoogleAnalytics. Цей сервіс дає змогу переглядати важливі показники щодо активності як нових користувачів, так і тих хто вже є клієнтами. Використання такої

функції Google Analytics як «Дослідження» дає змогу отримати доступ до даних і методів, яких немає у стандартних звітах. За допомогою функції «Дослідження» можна аналізувати дані, щоб знайти відповіді на складні запитання. Фактично, це набір новітніх методів в Google Analytics, які надають докладнішу статистику щодо поведінки клієнтів порівняно із стандартними звітами. Використання цієї можливості дає змогу: 1) швидко виконувати спеціальні запити; 2) легко налаштовувати методи та перемикатися між ними; 3) сортувати, реорганізовувати й деталізувати дані; 4) використовувати фільтри й сегменти, щоб зосередитися на найважливіших даних; 5) створювати сегменти й аудиторії; 6) ділитися дослідженнями з іншими користувачами того самого ресурсу GoogleAnalytics; 7) експортувати дані дослідження й використовувати їх в інших інструментах.

Водночас, система Google Analytics оснащена «Макетами» налаштувань що дають змогу спростити організацію типових досліджень, а також систематизувати відповідні дані. *Макет* – сукупність налаштувань дослідження в системі Google Analytics в якій відображаються дані за допомогою вибраного методу. Макет може містити кілька вкладок, також можна використовувати кілька методів в одному дослідженні. Зокрема, нами використано стандартний макет «Дослідження шляху» для аналізу активності користувачів на сайті наукового Вісника Львівського національного університету природокористування (рис.).

Застосування цього макету дає змогу відобразити у вигляді деревоподібної схеми «глибину» відвідуваних вкладок та елементів як нових користувачів так і тих хто вже користувався ним. Дослідження шляху допомагає визначати: 1) у які розділи сайту нові користувачі найчастіше переходять із головної сторінки; 2) що користувачі зазвичай роблять після непередбаченої помилки в додатку; 3) які дії повторюються кілька разів (це може свідчити, що користувач не розібрався в інтерфейсі чи не знає, що робити далі); 4) як певна подія впливає на подальші дії користувачів.

Таким чином, для оцінення активності користувачів, ефективності їх

залучення на веб-сайті, а також вивчення вподобань цих користувачів Google Analytics збирає дані з веб-сайтів і додатків, щоб створювати звіти з корисною інформацією.

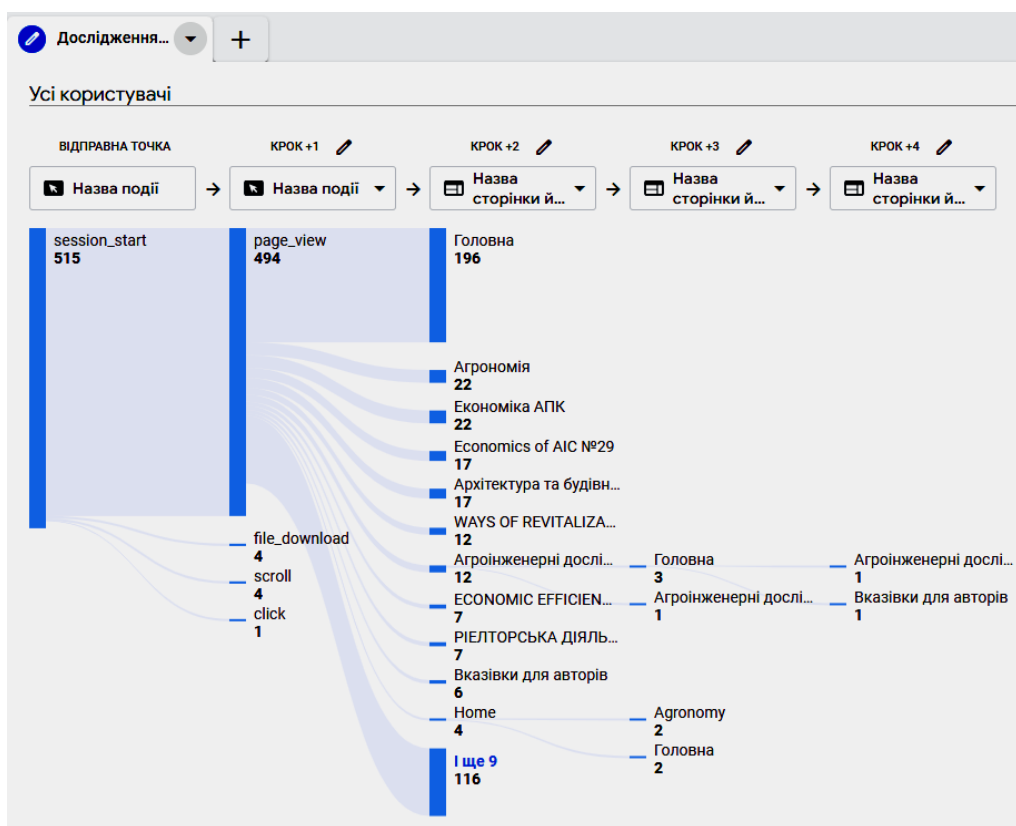


Рис. Деревоподібна схема шляху нових користувачів на сайті Вісника ЛНУП

Після поширення інформації на різних ресурсах, зокрема, на сайті Вісника наукових досліджень ЛНУП періодом з 10 січня 2023 по 17 січня 2023 отримано "сплеск" активності та приріст нових користувачів. Високі показники конверсії говорять про те, що сайт добре виконує свої завдання.

### Бібліографічний список

1. Осипенков Я. Google Analytics 2019: Tutorial Book. Січень – 754 с.
2. Специфіка інформаційних систем на основі технології cloud computing. URL: [http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/vcndtu/2011\\_53/29.htm](http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/vcndtu/2011_53/29.htm) (дата звернення: 10.01.2023).
3. How marketers are tackling the challenges facing gambling [Electronic resource] / Charlotte Rogers // Marketing Week. – 2019. URL: <https://www.marketingweek.com/marketers-tackling-challenges-gambling/> (дата звернення: 10.01.2023).

## Теоретичні дослідження дії енергії оптичного випромінювання на насіння сільськогосподарських культур

*Червінський Л.С., д.т.н., Радько І.П., к.т.н., Наливайко В.А., к.т.н.,  
Окушко О.В., к.т.н., Романенко О.І, к.т.н.  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна*

**Abstract.** The article presents new scientific results of theoretical research on the use of optical irradiation to obtain a given biological effect in seeds. The obtained results allow us to state that in the corresponding photobiological reactions, about 32...40% of the absorbed radiation of the specified spectral range is effectively converted, which is of great importance in practice when determining the amount of the dose and the intensity of the pre-sowing irradiation of the specified spectrum.

**Key words:** irradiation, pre-sowing treatment, seed stimulation, disinfection, optical radiation, yield increase.

Передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур має все більше значення для підвищення їх врожайності і якості зібраного насіння (зерна). Існують різні види передпосівної обробки насіння. Основними є знезаражуюча, стимулююча і комбінована обробки. Однією з найбільш ефективних, дешевих і екологічно чистих є обробка інтенсивним оптичним випромінюванням інфрачервоного та ультрафіолетового діапазонів яка має комбінований ефект.

Підвищення ефективності передпосівної обробки неможливе без розуміння механізму дії енергії оптичного випромінювання на структурні складові опромінюваного насіння.

Метою проведення даних досліджень, на основі використання методів фотометрії та законів фотобіології, є теоретичне обґрунтування шляхів та механізму дії енергії оптичного випромінювання на біологічні структури окремої насінини при її опроміненні з розробкою математичної залежності механізму взаємодії фотонів оптичного випромінювання із молекулами структур опромінюваного насіння.

Аналіз результатів в наукових досліджень в заданому плані показав, що ефективність біологічної дії енергії оптичного випромінювання, що поступає на поверхню опромінюваної насінини залежить від поглинутого випромінювання, яке доцільно прив'язувати до реагуючих на фотони оптичної енергії біологічних структур насінини, (фотони випромінювання поглинуті молекулами-рецепторами клітин насінини передають цю енергію в вигляді електричного імпульсу, надалі енергія фотонів поглинутих пігментами клітин іде на утворення продуктів фотохімічних реакцій) **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

В якості моделі опромінюваної насінини, на основі аналізу літератури по дослідженню будови насіння найбільш розповсюджених сільськогосподарських культур (жита, пшениці) прийнято, що воно відноситься до однодольних рослин. Зернина складається з захисної насінної шкірки, під якою знаходиться ендосперм і зародок. Структура кожного прошарку не є однорідною по товщині. Кожен прошарок складається із клітин різноманітного призначення і структури.

Теоретично допустимим з точки зору оптичних характеристик для них є те, що всі клітини вміщують у своїх структурних одиницях в вільному чи зв'язаному вигляді воду, тому важливим є розуміння механізму дії фотонів на структурні перетворення молекул зв'язаної в клітинах насінини води.

Результати цитологічних досліджень показують, що чим ближче клітина знаходиться до поверхні оболонки зернини, тим менша кількість води є в ній і тим менше її біологічне функціонування.

Відповідно зміні кількості води в клітинах змінюються оптичні властивості цих клітин і прошарку в цілому. Тому при подальшому визначенні поглинаючої властивості в товщу насінини цей факт буде враховано в наших теоретичних дослідженнях, використовуючи закони фотометрії та геометричної оптики.

В практиці застосування оптичного опромінювання для отримання визначеного біологічного ефекту у насінні розсіяний та ефективно поглинутий потоки випромінювання для структур насінневої шкірки визначити складно. Такі дослідження потребують сучасного комп'ютеризованого лабораторного обладнання і кропітких фізико-хімічно-морфологічних досліджень покриву насіння у відповідних НДІ і до цього часу ще не проводились.

### Список літератури

[1.] Акоюн В.Б. Всхожесть и урожайность томатов в зависимости от обработки семян ультразвуком и парааминобензойной кислотой / В.Б. Акоюн, Г.Н. Шангин-Березовский, О.С. Рыхлецкая, О.В. Абрамов // Доклады ВАСХНИЛ. – 1987. – № 8. – С.15.

[2.] Стимулятори насіння сільськогосподарських культур: СОУ 29.3-37-433:2006 – К.: Мінагрополітики України, 2007. – 9 с. (Нормативний документ Мінагрополітики України. Загальні технічні вимоги).

[3.] Red light stimulates vasodilation through extracellular vesicle trafficking / D. [Weihrauch, et al. \*Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology\*. 2021. Vol. 220. P. 354–364.](#)

[4.] Лазарев А. М. Подготовка семян овощных культур / А. М. Лазарев // Защита и карантин растений, 2009. – № 1. – С. 43–44.

[5.] Никифорова Л. Є. Розробка системи керування концентратором сонячної енергії для передпосівної обробки насіння / Л. Є. Никифорова, І. В. Кізім, О. М. Бабенко // Праці Таврійського державного агротехно-логічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11. – Т. 4. – С. 88–91.

[6.] Березін О.В. Ефективне функціонування сільськогосподарського виробництва / О.В. Березін // Економіка АПК. – 2010. – № 2. – С. 26–31.

[7.] Sudau Eh Teet, Norhashil Hashim. Recent advances of application of optical imaging techniques for disease detection in fruits and vegetables: A review. *Food Control*, Vol. 152, October 2023, 109849

[8.] Tong Ling Tan, Noor Atiqah Zulkifli, Alif Syafiq Kamarol Zaman, Mashitah binti Jusoh, Muhammad NazminYaapar, Suraya Abdul Rashid. Impact of photoluminescent carbon quantum dots on photosynthesis efficiency of rice and corn crops. *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol. 162, May 2021, Pages 737-751

[9.] Арабова Л.И. Действие теплового шока на прорастание и мобилизацию запасных белков зерна тритикале, ржи и пшеницы / Л.И. Арабова, Л.В. Чумикина, А.Ф. Топунов // Вестник МичГАУ. – 2011. – № 2. – Ч.1. – С. 81–87.

[10.] Беляков М.В. Использование оптического излучения для предпосевной обработки семян / М.В. Беляков, Ю.А. Гордеев // Учебное пособие. – Смоленск, 2005. –104 с.

[11.] L. Chervinsky Influence of Infrared Radiation on Sowing Quality and Growth Indicators of Winter Wheat Plants / <sup>2</sup>L. Storozhuk, <sup>3</sup>N. Pashkovska/ *Korean Journal of Food & Health Convergence* 6(1), pp.15-18. . <http://dx.doi.org/10.13106/kjfhc.2020.vol6.no1.15>.

[12.] L. Chervinsky, M. Tregub, S. Makoda. Pre-Sowing Stimulation of Wheat Seed Growth By Infrared Radiation. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture Journal of Sustainable Agriculture*, 2022, 6(2): 72-73.

# ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ BIG DATA ДЛЯ АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*С.І. Павленко, Полтавський державний аграрний університет*

In today's digital age, vulnerabilities in software systems have become a serious problem. One approach to vulnerability management involves the use of CVE and NVD vulnerability repositories. As part of the research, Python scripts were developed for an environment including Spark and MongoDB to perform CVE analysis in operating systems.

Vulnerabilities, repositories CVE and NVD, Apache Spark, MongoDB

У сучасній цифровій епохі вразливості в програмних системах стали серйозною проблемою для організацій у різних галузях. Зловживання цими слабкими місцями може призвести до значних наслідків, таких як витік даних, фінансові втрати і збитки репутації. Для зменшення цих ризиків дуже важливо для організацій своєчасно та ефективно виявляти вразливі місця та усувати їх.

Один з підходів до управління вразливістю включає в себе використання репозитаріїв вразливостей, які надають централізоване місце для збирання та зберігання інформації про вразливості в програмних системах. Однак великий обсяг даних у таких репозитаріях може ускладнити виявлення та визначення пріоритетів вразливостей, які є найбільш критичними.

Для вирішення цієї проблеми можна використовувати системи аналізу великих даних на базі таких технологій, як Apache Spark [1]. Ці системи дозволяють аналізувати дані про вразливості та надавати практичну інформацію. За допомогою масштабованості і обчислювальної потужності цих систем можна виявляти закономірності та тенденції в даних про вразливості, які можуть бути складні для виявлення за допомогою традиційних методів аналізу.

CVE – це реєстр публічно відомих вразливостей [2]. Це ініціатива спільноти, спрямована на стандартизацію ідентифікації вразливостей у різних системах та у різних розробників. CVE надає унікальний ідентифікатор кожній вразливості, що допомагає дослідникам та експертам з кібербезпеки спілкуватися та відстежувати їх.

CVE було створено вперше в 1999 році корпорацією MITRE, некомерційною організацією, яка керує проектами досліджень і розробок для уряду США [2]. З тих пір він став широко визнаним і прийнятим стандартом для відстеження вразливостей і управління їх життєвим циклом.

Ідентифікатори CVE мають певний формат, який включає рік виявлення вразливості та унікальний номер. Наприклад, CVE-2023-1234 посилатиметься на вразливість, виявлену в 2023 році, з номером ідентифікатора 1234. Однією з переваг використання ідентифікаторів CVE є можливість легко посилатися на них у настановах з кібербезпеки, базах даних вразливостей та інших ресурсах, пов'язаних із безпекою. Це дозволяє дослідникам та експертам з кібербезпеки швидко виявляти конкретні вразливості та повідомляти про них,

що може допомогти організаціям визначити пріоритетність своїх заходів щодо управління вразливостями.

NVD (Національна база даних вразливостей) - це онлайн-база даних, фінансована урядом США, яка служить сховищем інформації про загальновідомі вразливості та ризики кібербезпеки. NVD керує Національний інститут стандартів і технологій (NIST), який є підрозділом Міністерства торгівлі США [3].

NVD надає доступну для пошуку базу даних ідентифікаторів CVE, а також інформацію про серйозність кожної вразливості, системи або програмне забезпечення, у яких виявлені такі вразливості та кроки для усунення вразливостей. NVD також надає посилання на зовнішні ресурси, такі як рекомендації з кібербезпеки, що можуть допомогти організаціям зменшити ризики, пов'язані з певними вразливостями.

Зараз, коли обсяги даних швидко зростають, важливо мати інструменти та методи для ефективного отримання ідей та знань з цієї величезної кількості інформації. Одним із таких методів є використання програмних мов, таких як Python, що має широке застосування для аналізу даних і завдань машинного навчання [4]. Крім того, інструменти, такі як Apache Spark і MongoDB, дозволяють обробляти великі набори даних у розподілених середовищах, забезпечуючи масштабованість і надійність [1, 5].

У рамках проведених досліджень були розроблені скрипти на Python, для середовища, що включає Spark і MongoDB для виконання аналізу CVE в операційних системах Ubuntu і Red Hat. Зокрема, було проаналізовано вразливості CVE за роками та порівняно їх показники впливу, а також визначено відмінності між останніми CVE та національною базою даних вразливостей (NVD).

Розроблені скрипти використовують PySpark і Matplotlib для аналізу та візуалізації кількості вразливостей у даних CVE. Спочатку, код ініціалізує SparkSession з певними налаштуваннями для зчитування та запису даних у MongoDB. Після цього, дані завантажуються з MongoDB у фрейм даних PySpark, df.

У коді виділяється інформація про рік із поля `_id` за допомогою регулярного виразу та функції `regex_extract`, а потім стовпець `"description_data"` розбивається на рядки. Далі він вибирає рік та значення з розкомпонованих рядків, сортує їх за роками і створює два фрейми даних для вразливостей Ubuntu і Red Hat. Використовується операція фільтрування для вибору рядків, які містять рядок «ubuntu» для фрейму даних Ubuntu і рядки «redhat» і «red hat» для фрейму даних Red Hat. Потім дані групуються за роками, і кількість вразливостей обчислюється для кожного року за допомогою функції підрахунку.

Створюється новий фрейм даних за допомогою функції "діапазон" для генерації всіх років з 1999 по 2023, і він об'єднується (`left join`) з фреймами даних Ubuntu і Red Hat, щоб включити роки з нульовою кількістю вразливостей. Нарешті, отримані фрейми даних перетворюються на фрейми даних Pandas і сортуються за роками. Matplotlib використовується для



побудови графіка кількості вразливостей Ubuntu і Red Hat з часом у вигляді лінійного графіка з роком на осі X і кількістю вразливостей на осі Y. Отриманий графік відображає тенденцію кількості вразливостей для Ubuntu і Red Hat.

Отже, аналіз даних розкриває важливі інформаційні аспекти, які можуть служити основою для прийняття рішень щодо безпеки системи. Розуміння профілів вразливості різних систем може сприяти розробці ефективних заходів безпеки, спрямованих на ліквідацію конкретних ризиків, що пов'язані з цими системами. Крім того, своєчасні оновлення мають критичне значення для забезпечення безпеки системи, і будь-яке затримання у вирішенні цих питань підкреслює необхідність вдосконалення систем оновлень з метою мінімізації ризиків, що стосуються невивірених вразливих місць.

### **Бібліографічний список**

1. Unified engine for large-scale data analytics. URL: <https://spark.apache.org/> (дата звернення 27.09.2023)
2. Widespread Adoption of CVE by the Community. URL: <https://www.cve.org/About/History> (дата звернення 27.09.2023)
3. A Brief History of the NVD. URL: <https://nvd.nist.gov/general/brief-history> (дата звернення 27.09.2023)
4. Python is a programming language that lets you work more quickly and integrate your systems more effectively. URL: <https://www.python.org/> (дата звернення 27.09.2023)
5. Build the next big thing. URL: <https://www.mongodb.com/> (дата звернення 27.09.2023)

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ЗАВДАНЬ У ВІРТУАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

*О.А. Савченко, А.С. Курянчик, О.І. Линюк, Полтавський державний аграрний університет*

The relevance of the implementation of distributed computing systems based on virtualization technologies is considered. The necessity of using scalable solutions is determined. The classification of distributed systems based on their functional characteristics is considered. Two main problems of building distributed infrastructures from separate spatially virtualized computers are highlighted.

Distributed computing systems, Virtualization technologies, Cluster

На сьогоднішній день технології віртуалізації стають все важливішими основами для корпоративних програм. Інфраструктура, необхідна для розробки, впровадження, розміщення та обслуговування додатків, постійно стає більш складною і масштабною. Зі збільшенням кількості веб- та хмарних додатків зростають і вимоги до серверних технологій [1].

При виборі стратегії забезпечення високої доступності слід головним чином керуватися профілем та характеристиками конкретного бізнесу: потрібно оцінювати збитки, які можуть виникнути внаслідок простою системи або втрати даних, і визначити максимально прийнятний час простою.

Розподілені системи допомагають створити інфраструктуру, спроможну забезпечити безперервне функціонування систем з високою доступністю. Кластерні технології є одним із напрямків розподілених систем і є дуже ефективним методом для забезпечення надійності системи [2].

Сьогодні в галузі розподілених обчислювальних систем спостерігається високий темп змін в організаційних ідеологіях та підходах. За час, який розподілені системи існують, було створено велику кількість моделей для реалізації розподілених обчислень. Серед головних характеристик розподіленої системи слід виділити масштабованість.

Масштабованість системи - це залежність від зміни її характеристик від кількості користувачів та підключених ресурсів, а також від ступеня географічного розподілу системи [2]. Важливі параметри включають в себе працездатність, ефективність, вартість, трудовитрати на виробництво, витрати на виправлення, наступний супровід, управління та зручність роботи з системою. Для різних систем масштабованість може досягатися за допомогою різних методів: для одних підходить лінійна залежність, в той час як для інших коефіцієнт масштабованості повинен залишатися незмінним навіть при значних змінах масштабу системи.

Адміністративна масштабованість системи має велике значення і залежить від зручності роботи з нею кількості адміністративно незалежних організацій, що займаються її експлуатацією. При створенні великих систем (сотні машин, тисячі користувачів) висока масштабованість досягається

шляхом децентралізації основних служб та алгоритмів, які реалізовані у системі.

Розподілені системи класифікуються залежно від їх функціональних характеристик, таких як тип наданих ресурсів та види прикладних завдань, для яких вони розроблені та оптимізовані:

– обчислювальні системи - це системи, для яких потужність процесорів є основним обчислювальним ресурсом.

– інформаційні системи - це системи, в яких обсяг пам'яті для даних є основним ресурсом, зокрема, для великих сховищ даних.

– системи для обміну інформацією - системи, що складаються з передавачів, спрямовані на підвищення ефективності та стійкості мережі передачі даних між джерелом та приймачем.

Проблема організації розподілених інфраструктур з окремих просторово віртуалізованих комп'ютерів залишається актуальною і спонукає до практичного вивчення. На це вказують не лише теоретичні дослідження в цій галузі, але й реалізація систем управління такими інфраструктурами. Головна причина цього інтересу полягає в тому, що робочі станції, сервери додатків та персональні комп'ютери, підключені до мережі, є численними і малозавантаженими, а їх загальна продуктивність є дуже великою.

Можна виділити дві основні проблеми, які потрібно вирішити. По-перше, важливо забезпечити розподіл ресурсів комп'ютера (процесора, пам'яті, дискового простору та інших) між основними процесами та завданнями розподіленої системи, надаючи пріоритет першочерговим завданням. По-друге, враховуючи змінність навантаження комп'ютера залежно від діяльності його власника, важливо здійснювати ефективний розподіл доступних ресурсів, забезпечуючи мінімізацію відхилень в часовому виконанні завдань у встановлені терміни.

#### Бібліографічний список

1. Волот О. І. Застосування хмарних технологій в обліку та управлінні підприємствами реального сектору економіки // Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. Вип. 2 (35). С. 190-198. DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).190-198](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).190-198)

2. Гречанінов В. Ф. Аналіз і проектування розподілених систем на основі кластерних технологій // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2022. № 2(14). С. 186-191. DOI: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.14.186191>.

# ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ З ВІРТУАЛІЗОВАНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ З ВРАХУВАННЯМ АТАК НА КОМПОНЕНТИ

*Ю.І. Бражник, І.Ф. Грицай, Н.М. Ростовський, Полтавський державний аграрний університет*

The construction of a simulation model for evaluating the security of a system with a virtualized infrastructure is considered. The characteristic features of the technology of "smart environments" have been determined. Two stages of research are defined, which consist in creating analytical and simulation models of a system with virtualized infrastructure and comparing their results.

Simulation model, Security, Smart environments, Virtualized infrastructure

Масове розповсюдження мережі Інтернет зумовило міграцію (перебазування) багатьох додатків на сервери та створення інформаційних систем з віртуалізованою інфраструктурою. При цьому, на відміну від локальних програм, вебсервіси виконуються на сервері, мають власну URL-адресу, вхідні дані та результати пакують в HTTP-пакети. Їх користувачами можуть бути як люди, так і інші програми і сервіси.

Нині бурхливий розвиток також переживає технологія «розумних середовищ». У зв'язку з молодістю даної технології поки що відсутнє загально визначення, проте можна виділити ряд положень, що характеризують такі середовища - це використання сенсорів та обчислювальних пристроїв. взаємодіють у динамічному децентралізованому середовищі для досягнення єдиної мети, такої як забезпечення безпеки або ефективного управління. Виділяються такі характерні ознаки таких середовищ [1]:

- 1) безпосередня взаємодія між пристроями;
- 2) віддалене керування пристроями;
- 3) складний функціонал пристроїв;
- 4) «інтелектуальність» пристроїв;
- 5) різноманітність стандартів мережевої взаємодії.

Такі середовища насамперед знаходять своє застосування у різних системах автоматизації, надаючи хорошу основу для побудови інфраструктури. Одним з найпоширеніших прикладів використання «розумних середовищ» є системи «розумного будинку», які є розвитком автоматичних систем управління будівлями.

Порівняно з локальними програмами вебсервіси та засоби систем «розумного будинку» функціонують в більш динамічному режимі (відмови і відновлення апаратних та програмних засобів, оновлення та патчі, обслуговування) та агресивному (через атаки кіберзлочинців) середовищі.

Існуючі імітаційні моделі [2] в недостатній мірі висвітлюють питання систематизації та детального аналізу отриманих результатів. Результати імітаційного моделювання у першу чергу використовуються для

підтвердження адекватності аналітичних моделей. Під адекватністю розуміється міра відповідності результатів моделювання реальним природнім процесам та явищам. Таким чином, загальне завдання полягає у розробці аналітичних та імітаційних моделей системи з віртуалізованою інфраструктурою для оцінюванні їх готовності з врахуванням атак на їх компоненти.

Першим етапом дослідження є побудова аналітичної моделі функціонування системи з віртуалізованою інфраструктурою. Побудова моделі спочатку враховує лише робочі стани системи. Потім ці стани агрегуються (узагальнюються) - їх кількість зменшується. Також граф моделі доповнюється станами обслуговування-профілактики, прихованих та явних відмов.

Під час аналізу завдання імітаційного моделювання було встановлено, що цей процес може бути представлений як один із класів математичних схем систем масового обслуговування. При створенні імітаційного алгоритму найкраще використовувати метод безпосереднього моделювання, не обмежуючись стандартними математичними схемами, та використовувати одну з високорівневих мов програмування [3]. Таким чином, функціональну залежність коефіцієнта готовності від часу функціонування системи  $A(t)$  можна визначити, комбінуючи значення коефіцієнта готовності для різних часових моментів  $t_i$ .

### **Бібліографічний список**

1. Принцип роботи розумного будинку. URL: <https://www.smarthouse.ua/ua/printsip-raboty-umnogo-doma-2.html> (дата звернення 29.09.2023)
2. Поночовний, Ю. Л., Засуха С. А., Харченко В. С. Дослідження імітаційних моделей готовності двоканальної інформаційно-керуючої системи космічного апарату // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. 2012. №7 (59). С.41-47.
3. The official home of the Python Programming Language. URL: <https://www.python.org/> (дата звернення 29.09.2023)

## ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ ІНФРАСТРУКТУРИ AMAZON WEB SERVICE

*В. Воронянський, Г. Микитенко, Д. Анохін, Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"*

The paper considers the relevance of using high-performance computing systems for distributed data processing. The task of designing a distributed computing environment based on Amazon Web Services infrastructure is defined. Considered NGINX plus AWS and AWS Elastic Load Balancing solutions, which are provided for balancing traffic in the AWS infrastructure.

Distributed Computing, Load Balancing Solutions, Amazon Web Services

Зараз питання щодо виконання розподіленої обробки даних є досить актуальним. Для цих ресурсомістких обчислень необхідно використовувати високопродуктивні розподілені обчислювальні системи. Більше того, сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє будувати розподілені обчислювальні системи не лише локально, але і за допомогою засобів віддаленого доступу. У такому випадку виконання складних обчислювальних завдань дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси, надані розподіленою обчислювальною системою [1]. У роботі розглянуто завдання проектування розподіленого обчислювального середовища на основі інфраструктури Amazon Web Services (AWS) [2], а також вивчення основ розподілу навантаження в межах побудованого обчислювального середовища.

Для поставленої задачі важливо розуміти, що балансування трафіку відбувається відповідно до розподілу навантаження за завданнями. Спершу розглянемо рішення, які надаються для балансування трафіку в інфраструктурі AWS. Найяскравішими представниками цих рішень є NGINX plus AWS та AWS Elastic Load Balancing [3]. Подалі розглянемо кожну з систем докладніше і проведемо їх порівняння.

NGINX plus AWS може використовуватися як самостійно, так і разом з ELB. Основними перевагами цього рішення є:

- прямий доступ до балансувальника без зайвого посередництва;
- повний контроль над інфраструктурою.

Недоліками рішення є:

- підвищення надійності відбувається за рахунок обміну повідомленнями між серверами;
- використання перевірок за допомогою heartbeat.

Що стосується функціональних відмінностей між NGINX та ELB, то єдиним недоліком NGINX є відсутність підтримки AWS AutoScaling. У іншому функціонал NGINX ширший та має такі функції:

- маршрутизація запитів на основі певних параметрів (URL, заголовок запиту тощо) до певних серверів;
- перезапис URL та перенаправлення, щоб уникнути зміни адреси клієнта;
- підтримка WebSocket Proxy та SPDY Protocol;
- глибока перевірка якості (є можливість визначити http відповідь, TCP відповідь або кількість послідовних помилок перед встановленням мітки «неякісний»);
- підтримка багатьох обмежень (з'єднання з серверами, вхідні з'єднання, швидкість передачі даних);
- підтримка багатьох алгоритмів балансування (Round Robin, Least Connections, Least Time, IP Hash та Hash).

AWS Elastic Load Balancing – це функція автоматичного розподілу вхідного трафіку додатків між кількома виконавчими вузлами Amazon EC2 в хмарі. Вона дає можливість досягти ще більшої надійності в додатках, «прозора» виділяючи обсяг ресурсів, необхідний для розподілу навантаження відповідно до обсягу вхідного трафіку додатків. Розглянемо переваги цієї функціональності:

- доступність – автоматизація трафіку між вузлами EC2 підвищує рівень надійності додатків, більше того Elastic Load Balancing дозволяє виключати «нездорові» машини та розподіляти трафік між залишеними, якщо в даній зоні немає «здорових» машин, але є в іншій зоні, то трафік буде розподілено між ними;

- еластичність – інтеграція з AWS AutoScaling дозволяє масштабувати потужності обробки та мережеві ресурси в залежності від потоку запитів без зайвого втручання;

- безпека – інтеграція з Virtual Private Cloud забезпечує необхідний рівень безпеки, можливість внутрішньої маршрутизації трафіку за приватними IP закритою мережею, підтримується можливість використання сертифікатів SSL/TLS.

Одним із найоптимальніших рішень для розподілу обчислювального навантаження є використання функції EC2 Container Service. EC2 Container Service – це високомасштабний, високопродуктивний сервіс для управління контейнерами, що підтримує контейнери Docker і дозволяє легко запускати розподілені додатки в кластері машин EC2. Цей сервіс може самостійно встановлювати, масштабувати, розміщувати контейнери Docker, обслуговувати обчислювальну інфраструктуру, планувати розміщення контейнерів Docker з урахуванням потреб у ресурсах. Це рішення відрізняється високою швидкістю масштабування, оскільки розгортання контейнерних додатків Docker займає всього кілька секунд. Як джерело даних, він використовує сховище S3, і туди ж надсилає вихідні результати.

Для подальших досліджень необхідно розглянути можливі підходи до вирішення завдання. Тут важливо відзначити, що існують готові підходи, але головним їх недоліком є те, що вони працюють з EC2. Тому виникає потреба

в створенні власного рішення, яке буде використовувати всі переваги розподіленої обчислювальної системи.

### **Бібліографічний список**

1. Гнатушенко В. В., Руденко В. П., Царик В. Ю. Проектування ІТ бізнес моделі на основі безсерверних сервісів. / Системні технології. Дніпро, 2021. Т. 5. № 136. С. 70-80. DOI: 10.34185/1562-9945-5-136-2021-07.
2. Cloud Computing Services - Amazon Web Services (AWS). URL: <https://aws.amazon.com/> (дата звернення 27.09.2023)
3. Elastic Load Balancing - Балансувальник навантаження. URL: <https://aws.amazon.com/ru/elasticloadbalancing/> (дата звернення 27.09.2023)



## АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ В СКБД ORACLE ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

*В. Воронянський, О. Сидорина, В. Мельник, Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"*

Oracle DBMS tools for restricting data access rights were studied. It was determined that the basic means are the grant and revoke operators with respect to users and roles. Privileges can be object and system. The use of RLS technology allows you to limit the ability to read or change certain rows in tables.

Oracle DBMS, GRANT, REVOKE, RLS Technology

Один із ключових чинників, що впливає на безпеку інформаційної системи, це правильне управління доступом, тобто визначення та обмеження доступу користувачів, програм та процесів до даних, програм і пристроїв обчислювальної системи [1].

Oracle вже тривалий час забезпечує безпеку на рівні таблиць і, в певному вимірі, на рівні стовпців. Користувачам можуть бути надані (або відібрані) привілеї доступу до окремих таблиць або стовпців. Певним користувачам можуть бути надані права на вставку у один набір таблиць та вибірку даних з іншого набору таблиць.

Розглянемо операції надання доступу користувачам до бази даних. Спочатку користувач повинен отримати дозвіл на підключення до бази даних. Це робиться наступною командою, яку видає адміністратор бази даних: «grant create session to userA». Оператор grant (надати) призначений для виконання інших операторів SQL, у даному випадку - create session, тобто створювати з'єднання користувачеві з логіном userA. Для скасування виконання операторів SQL конкретному користувачу використовується оператор revoke.

Загалом, привілеї можуть бути призначені як окремим користувачам, так і ролям. Ролі - це названі набори привілеїв [2]. Замість того, щоб давати кожному користувачеві однакові повноваження, можна створити кілька типових ролей, наділити їх необхідними правами і призначити користувачам ці ролі. Ролі також можна відкликати з усіма правами за допомогою оператора revoke. Ролі створюються, змінюються і видаляються стандартними операторами - create, alter і delete.

Привілеї можуть бути об'єктними та системними. Об'єктний привілей дозволяє виконувати операції над конкретними об'єктами, наприклад, над таблицями. А системний привілей дозволяє виконувати операції над цілим класом об'єктів. Наприклад, системний привілей alter database дозволяє користувачу змінювати саму базу даних, а alter user дозволяє змінювати користувача та його параметри (пароль, профіль, роль).

Системні привілеї включають в себе операції create, alter і delete. Наприклад, CREATE TABLE - створення таблиці, CREATE ROLE - створення

ролі, ALTER DATABASE - зміна бази даних, DROP TABLE - видалення таблиці.

Привілеї на рівні об'єктів відповідають багатьом вимогам, але іноді вони не ефективні для виконання різноманітних правил безпеки, які часто накладаються на роботу з корпоративними даними. Наприклад, якщо в таблиці зберігаються дані про всіх співробітників компанії, а керівникам підрозділів повинна бути доступна інформація тільки про співробітників свого відділу.

Спочатку адміністратори баз даних вірили в створювані поверх базових таблиць представлення, які забезпечували безпеку на рівні рядків. Але застосування цього методу іноді призводило до появи великої кількості представлень, які складно оптимізувати і контролювати, тим більше що правила доступу до рядків можуть змінюватися з часом.

Поява технології RLS (безпека на рівні рядків) [3] дозволила адміністраторам встановлювати політики безпеки для таблиць бази даних (і окремих типів операцій над таблицями), які обмежують можливість користувача читати або змінювати певні рядки в цих таблицях. При цьому контроль здійснюється за допомогою PL/SQL функцій, які реалізують складну логіку правил. Керувати такими функціями набагато простіше, ніж представленнями. Функціональність RLS реалізована головним чином за допомогою вбудованого пакета DBMSRLS.

Технологія RLS (безпека на рівні рядків) включає в себе три основних елементи:

Політика (policy) - це декларативна команда, яка визначає, як і коли слід застосовувати обмеження доступу користувачів до запитів, вставок, видалень, змін або комбінацій цих операцій.

Функція політики безпеки (policy function) - це збережена функція, яка викликається, коли виконуються умови, визначені в політиці безпеки.

Предикат (predicate) - це рядок, який генерується функцією політики безпеки і автоматично додається Oracle в кінець умови WHERE для виконуваних користувачем операторів SQL.

RLS автоматично застосовує предикат до оператора SQL користувача, незалежно від того, як цей оператор був виконаний. Предикат фільтрує рядки на основі умови, встановленої функцією політики безпеки. Якщо умова виключає всі рядки, які не повинні бути видимі користувачу, то цим самим фактично забезпечується безпека на рівні рядків.

Наділяючи користувачів різними правами доступу та правом передачі доступу іншим користувачам, адміністратору бази даних складно контролювати розділення прав доступу. Таким чином, напрямком подальших досліджень є аналіз засобів обліку і візуалізації прав користувачів СКБД.

### **Бібліографічний список**

1. Управління інформаційною безпекою: конспект лекцій; уклад.: С. О. Носок, О. М. Фаль, В. М. Ткач. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 258 с.
2. Організація реляційних баз даних: навч. посіб. / Я.Г. Куваєв, О.А. Жукова, І.А. Сечкін. Дніпро : НГУ, 2017. 157 с.

3. The DBMS\_RLS package contains the fine-grained access control administrative interface. URL: [https://docs.oracle.com/cd/F49540\\_01/DOC/server.815/a68001/dbms\\_rls.htm](https://docs.oracle.com/cd/F49540_01/DOC/server.815/a68001/dbms_rls.htm) (дата звернення 27.09.2023)

## INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR FILLING GAPS IN THE DATA TABLES OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES

*V.M. Chaplyha, Dr.Sc.,  
Department of Information Technology,  
Lviv National Environmental University.  
Jan Ministr, PhD,  
Department of of Applied Informatics,  
VSB – Technical University of Ostrava.  
V.V. Chaplyha,  
Department of Accounting and Auditing,  
Ivan Franko National University of Lviv.*

**Abstract.** The article, based on the conducted analysis, shows that the approach using Geometric Transformation Machine (GTM) neural-like structures is universal, simple enough and provides, in general, a significantly higher quality of filling data gaps. At the same time, the accuracy of filling data gaps in the data tables of agricultural enterprise objects increases with the increase in the amount of available data.

**Keywords:** intelligent technologies, filling gaps, data tables, enterprises, agro-industrial complex.

The problem of filling gaps in data tables belongs to the class of incorrect problems, that is, those that do not have a single solution. To solve such problems, a number of approaches are used, the specific choice of which depends both on the characteristics of the data in the table and on the characteristics of the data itself. Therefore, in many cases, one can only hope for "plausible" filling of gaps.

To fill gaps in data tables, the following methods are most often used: averaging, zeroing, selection of missing values during mathematical processing, as well as separate regression models. Obviously, the highest quality results should be expected from regression methods. However, this is achieved only under the condition of mutual correlation of tabular data, as well as the fulfillment of a number of restrictions on the number of missing data. In particular, it is necessary to observe certain ratios between the number of rows with missing data and without gaps, etc.

If table elements are interdependent, only one of the first three methods listed above can be used. The quality of such a filling is in most cases too low, but there is no alternative in such a situation. Significantly expanded possibilities open up for tabular options, in which certain relationships between elements are traced. For example, there are certain interdependencies between the row elements of each individual column. Such dependencies can occur for time series, either in the presence of a separate column that is a marker for each row of the table, or in the case where there are interdependencies between elements by column for each separate row. The last option is more universal, as it also provides for the possibility of dependencies between individual lines.

The use of neural-like structures Geometric Transformation Machine (GTM) [1] provides a universal approach suitable for different variants of data tables with the presence of different types of relationships between their elements. This approach is based on the spatial interpretation of the table of interdependent data as a body, which is the geometric locus of points - rows of the table in coordinates, each of which corresponds to one column of the table. That is, each row of the table is considered as a point in the space of implementations, the dimension of which is determined by the number of columns of the table, and each column represents one of the coordinates of the body.

Let's consider the basics of the functioning of the gap filling system based on the neuron-like structure of the autoassociative type of GMT [1]. Information technology for filling gaps in data based on the use of the GMT autoassociative neural network involves the following stages of information transformation:

- 1) neural network training based on training vectors - data series in which gaps are replaced by average values;
- 2) translation of training string vectors through a trained neural network to the output;
- 3) replacement of the initially omitted components of the vector with the values obtained at the outputs of the neural network;
- 4) exit from the cycle if the specified threshold of changes between two consecutive transformations is reached
- 5) neural network retraining;
- 6) go to step 2.

The method of filling gaps based on GMT is based on the principle of constructing a body that can be partially or completely represented only by point projections onto certain coordinate hyperplanes, and finding all coordinates of points by their projections based on the belonging of each point to the constructed body.

This method is superior to the existing ones, firstly, because it takes into account the complete information presented by the given components of the table elements and, therefore, allows you to get more accurate views, if this is generally possible for the given set and data structure.

Secondly, it is much more accurate than other methods of filling gaps, it is universal, as it is suitable for preliminary data analysis and for making substitutions in tables of different structure and content, it does not require special knowledge from the user.

### **References**

1. Tkachenko, R., Izonin, I.: Model and Principles for the Implementation of Neural-Like Structures based on Geometric Data Transformations. In: Hu, Z.B., Petoukhov, S., (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA2018. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham, vol.754, pp.578-587, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_58)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИННОЇ ТА ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

*Червінський Л.С., д.т.н., професор, Радько І.П., к.т.н., доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м.Київ*

При вирощуванні рослин в теплицях та інших спорудах захищеного ґрунту важливим параметром мікроклімату, що впливає на формування якості та врожайності культур є фотосинтезне опромінення, особливо в пори року, коли сонячного світла є недостатньо.

Сучасні SMART технології вирощування рослин, як новий високоінтенсивний тип сільськогосподарського виробництва без участі людей, являють собою широкий комплекс проблем, успішне вирішення яких пов'язано з участю різних спеціалістів – фізіологів рослин і світлотехніків, агрономів і електротехніків та працівників ІТ сфери.

Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є: режим опромінення, ефективність засвоєння поживних речовин, вплив коливань температури і вологості. [1,2]. Всі наведені параметри мікроклімату є взаємозв'язаними і взаємозалежними. В даний час такі параметри як вологість ґрунту та повітря в приміщенні, температура в приміщенні і мінеральний склад ґрунту достатньо вивчені і можуть підтримуватись в заданих значеннях. Проте стабілізація їх визначених значень займає значний проміжок часу в технологічному процесі. При цьому регулювання необхідних параметрів опромінення (спектрального складу випромінювання, інтенсивності випромінювання та його тривалості) потребує значного меншого періоду часу і досягається меншими витратами.

Проаналізуємо можливість оптимізації параметрів опромінення за допомогою побудованої нижче залежності.

Регресійну залежність впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна представити виразом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

де  $b_0$  – вільний член, що характеризує задані стабілізовані параметри мікроклімату (температуру, вологість, вуглекислий газ, стан ґрунту тощо);

$b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти впливу факторів;

$x_1, x_2, x_3$  – фактори впливу;

$x_1$  - інтенсивність випромінювання (опроміненість),

$x_2$ , час дії опромінення,

$x_3$  - спектральний склад потоку оптичного випромінювання (спектр фотосинтезної дії).

Взаємодію цих факторів  $i$ , відповідно, ефективність опромінення характеризують три останні члени рівняння регресії. Їх взаємозв'язок і ефективність залежать від світлотехнічних і енергетичних характеристик світильників і джерел фотосинтезного випромінювання, що застосовуються в теплиці та своєчасного контролю за реакцією рослин.

Підвищення ефективності технологічних процесів вирощування рослинної та овочевої продукції в спорудах захищеного ґрунту неможливе без оптимізаційного підходу до світлокультури технологічного процесу, зокрема, визначення найбільш ефективного спектрального складу оптичного випромінювання, величини опроміненості у відповідності до фази розвитку рослини та тривалості (доз) опромінення при сталих оптимальних параметрах мікроклімату та мінерального складу ґрунту.

Проведення багатофакторного експерименту щодо дослідження і аналізу вище приведеної регресійної залежності дозволить вирішити визначені задачі оптимізації та знайти найбільш ефективні значення факторів впливу [3]. При цьому доцільно використовувати різні підходи до оптимізації: математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі, метод нейронних мереж, тощо.

#### Перелік джерел посилань

1. Червінський Л.С. Світлокультура рослин. Процес становлення / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук // Енергетика і автоматика. – 2010. – № 3(5) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http:// www.nbu.gov.ua/e - journals/eia/2010-3/index.htm](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010-3/index.htm) (електронне фахове видання).
2. Червінський Л.С. Математичне моделювання просторової фотосинтезної опроміненості в спорудах захищеного ґрунту/ Червінський Л.С., Луцак Я.М. / Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти, Вип. №4. Мелітополь, - 2016. С.53-61.
3. Червінський Л.С. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості / Червінський Л.С., Усенко С.М., Книжка Т.С., Луцак Я.М.// Технічна електродинаміка/ Інст. Електродинаміки НАН України, №5 – 2016-м.Київ, С. 88-90.

***Section 4.***  
***Project management.***

Laboratory of computer-integrated technologies,  
Corps of the Faculty of Mechanics, Power Engineering and Information Technologies  
(55M)  
Head of the section: Anatoliy Tryguba  
Secretary: Pavlo Lub



## АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СЦЕНАРІЇВ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАД

*А.М. Тригуба<sup>1</sup>, д.т.н., професор, А.Р. Ратушний<sup>2</sup>, ад'юнкт, Л.С. Коваль<sup>2</sup>,  
ад'юнкт, А.В. Татомир<sup>1</sup>, к.т.н.,*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування*

*<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

The state was analyzed and the expediency of implementation of projects for the formation of security systems on the territory of communities was substantiated. It is proposed to use big data generated on the territory of individual communities, as well as machine learning models, to determine effective scenarios of security systems development projects on the territory of communities. The proposed algorithm for determining effective scenarios of projects for the development of security systems in the territory of communities is based on machine learning technology and involves the implementation of 4 stages and 9 consolidated steps. This algorithm involves the collection and preparation of large data, the formation and training of machine models, as well as the formation and evaluation of scenarios based on computer simulations. It ensures the selection of effective projects for the development of security systems on the territory of communities. The proposed algorithm is the basis for creating ERP systems for community development.

**Key words:** projects, development, communities, security, algorithm, scenarios.

У сучасному світі де проблеми безпеки постійно зростають та стають все більш різноманітними, розробка та впровадження ефективних інформаційних систем для планування діяльності щодо забезпечення безпеки на території громади стає нагальним завданням. Громади повинні забезпечувати безпеку своїм громадянам, захищати від наявних загроз, а також відповідати на ризики, пов'язані із пожежами, аваріями, екологічними кризами та іншими небезпеками. Однак оптимальний шлях вибору для досягнення цих цілей є завданням, яке вимагає комплексного та обґрунтованого підходу, а також використання інформаційних технологій.

Науково-прикладні задачі розвитку систем безпеки на території громад, які потребують використання інтелектуальних інформаційних систем, виникають тому, що існує множина можливих напрямків та стратегій, які можна вжити для підвищення рівня безпеки. Однак вибір невірною шляху може призвести до неефективного використання наявних ресурсів. Також при цьому спостерігаються витрати ресурсів, які не призводять до очікуваного рівня безпеки. Тому важливо мати методологію та інструментарій, які забезпечать для громад вибір ефективного сценарію розвитку систем безпеки.

Нами запропоновано алгоритм та програмне забезпечення, які спрямовані на вирішення цієї науково-прикладної задачі. Ці інноваційні інструменти розроблені для того, щоб допомогти громадам обґрунтувати оптимальні сценарії розвитку систем безпеки. Вони базуються на аналізі великої кількості даних, застосування методів оптимізації та моделювання, а

також враховують різноманітні особливості забезпечення безпеки, що дозволяють створювати індивідуальні рішення для кожної громади. Саме це дозволяє гарантувати, що ресурси громад використовуватимуться максимально ефективно та відповідно забезпечать найкращий результат у плані безпеки своїх мешканців та їх майна. Для цього слід розробити алгоритм визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку систем безпеки на території громад, на його основі розробити програмне забезпечення, а також визначити показники ефективності його використання для заданих умов громади.

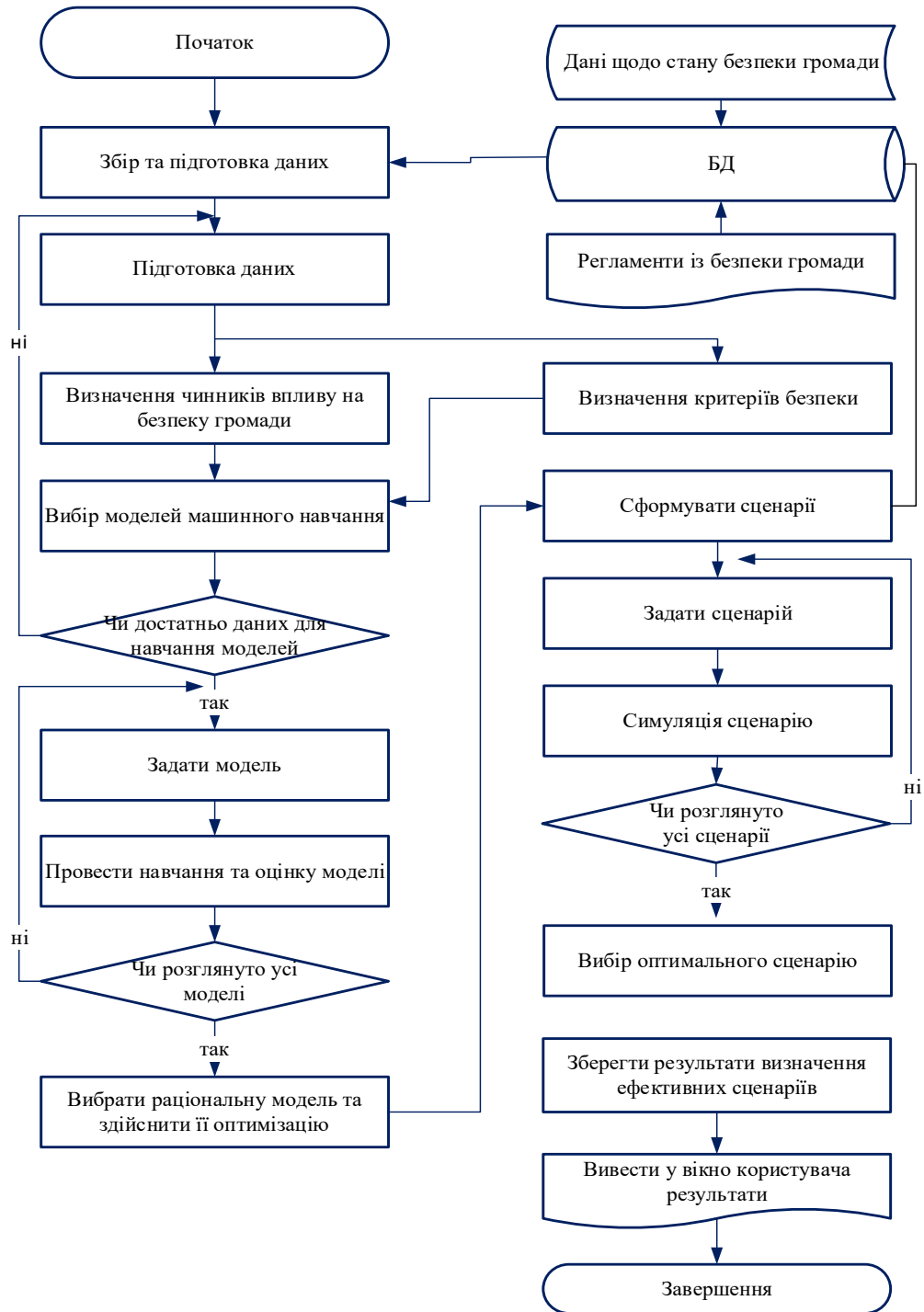


Рис. 1 – Алгоритм визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку систем безпеки на території громад

Визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку системи безпеки на території громади за використання великих даних та моделей машинного навчання – це складний і багатоетапний процес. Запропонований алгоритм (рис. 1) визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку систем безпеки на території громад передбачає виконання 4 етапів та 9 укрупнених кроків.

**Висновки.** Використання великих даних, які сформовані на території окремих громад, а також моделей машинного навчання, дозволяє розробляти інструментарій для визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку систем безпеки на території громад. Це дасть можливість реалізувати відповідні проекти, які забезпечать формування систем безпеки на території громади із максимальною цінністю для їх мешканців та інших стейкхолдерів. Запропонований алгоритм визначення ефективних сценаріїв проектів розвитку систем безпеки на території громад базується на технології машинного навчання, передбачає виконання 4 етапів та 9 укрупнених кроків. Цей алгоритм передбачає збір та підготовка великих даних, формування та навчання машинних моделей, а також формування і оцінення сценаріїв на підставі комп'ютерного моделювання, що забезпечує вибір ефективних проектів розвитку систем безпеки на території громад. Запропонований алгоритм лежить в основі створення ERP систем розвитку громад.

#### **Бібліографічний список**

1. Tryhuba A., Ratushnyi R., Bashynsky O., Ptashnyk V., Development and Usage of a Computer Model of Evaluating the Scenarios of Projects for the Creation of Fire Fighting Systems of Rural Communities, *Proceedings of the Xlth International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT 2019)*, Lviv, 2019, pp. 34-39. doi: 10.1109/ELIT.2019.8892320
2. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., et al., Conceptual model of management of technologically integrated industry development projects, *Proceedings of the 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, volume 2 of CSIT 2020*, Lviv Ukraine, 2020, pp. 155-158. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321903
3. Bashynsky O., Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment, *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, volume 3 of CSIT 2019*, Lviv Ukraine, 2019, pp. 51–54, doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929816
4. Koval N., Grabovets V., Onyshchuk V., Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies, *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2917, pp. 196–206.
5. Kondysiuk I., Tryhuba A., Bashynsky O., Dembitskyi V., Myskovets I., Formation and risk assessment of stakeholders value of motor transport enterprises development projects, *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*. 2021, 2, pp. 303-306.

## АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ

*А.М. Тригуба<sup>1</sup>, д.т.н., професор, О.М. Маланчук<sup>2</sup>, к.ф-м.н., доцент, І.Л. Тригуба<sup>1</sup>,  
к.с-г.н., доцент, Р.В. Шолудько<sup>3</sup>, здобувач*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування*

*<sup>2</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького*

*<sup>3</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

An analysis of the state of the medical field and science was performed. The importance of implementing innovative technologies such as artificial intelligence, machine learning, and data analysis to optimize and improve healthcare has been established. Based on this analysis, the feasibility of substantiating the architecture of the intelligent information system for planning patient treatment projects has been established. The proposed architecture of the intelligent information system involves the use of a database (DB), a knowledge base (KB), and 8 systemically interconnected blocks that systematically provide data preparation, obtaining the necessary information, and train a neural network model, which is the basis for planning patient treatment projects. Further research should be conducted in the direction of human-machine interface development and the design of the main modules of the intelligent information system.

**Key words:** intelligent information system, architecture, planning, projects, patient treatment.

Архітектура інтелектуальної інформаційної системи для планування проєктів лікування пацієнтів в сучасній медицині є важливою та актуальною темою дослідження. З плином часу і високим збільшенням обсягу медичних даних інформаційні технології стають необхідним інструментом для оптимізації та покращення лікувального процесу, забезпечення якості медичних послуг та підвищення ефективності роботи медичних установ. При цьому існує потреба у обґрунтуванні ключових аспектів архітектури інтелектуальних інформаційних систем для планування лікування пацієнтів. При цьому слід використовувати інноваційні технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання, аналіз даних та біг-дейта, які можуть бути використані для покращення управління та прийняття рішень у медичній практиці.

Нами обґрунтовано принципи побудови таких інтелектуальних інформаційних систем, враховуючи вимоги до зберігання та обробки конфіденційної медичної інформації, забезпечення надійності та безпеки даних. Використання інтегрованих джерел медичної інформації, включаючи медичні картки, рентгенівські та МРТ знімки, результати аналізів та інші клінічні дані слід використовувати для створення клітинного зображення стану пацієнта та розробки індивідуальних планів лікування. Окрім того, слід передбачити можливості автоматизації процесів призначення лікування та

визначення його тривалості, прогнозування результатів та підтримку рішень на основі клінічних даних.

Завдяки використанню інтелектуальних інформаційних систем для планування проектів лікування, ми можемо досягти підвищення якості медичної допомоги, оптимізації витрат ресурсів та покращення результатів лікування хвороби пацієнтів.

З метою пришвидшеного та якісного визначення тривалості проектів лікування пацієнтів нами розроблено інтелектуальну інформаційну систему, яка базується на основі нейромережевої моделі. Зазначена модель забезпечує прогнозування тривалості проектів лікування пацієнтів із врахуванням характеристик проектного середовища (характеристик хворих пацієнтів та їх стану). Базується інтелектуальна інформаційна система для оцінення тривалості проектів лікування пацієнтів на розробленій нами нейромережевій моделі, яка опублікована у роботі [1]. Її архітектура передбачає системне формування баз даних (БД) та знань (БЗ) із реальних даних, а також на їх основі виконання навчання моделі прогнозування тривалості проектів лікування пацієнтів [2-5]. Взаємодія користувачів із системою здійснюється через розроблене діалогове вікно. Архітектура системи підтримки прийняття рішень для оцінення тривалості проектів лікування пацієнтів представлена на рис. 1.

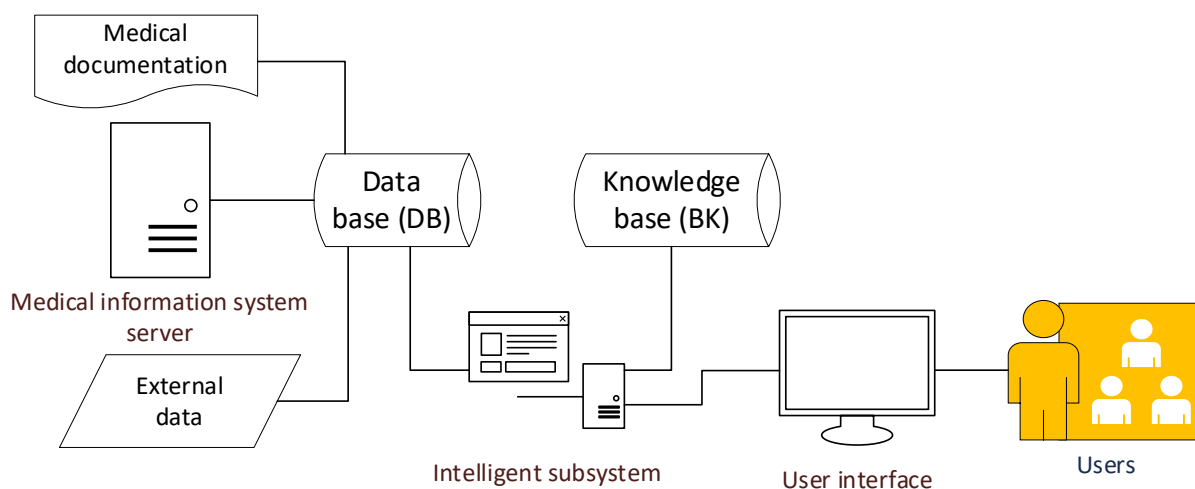


Рис. 1– Архітектура інтелектуальної інформаційної системи планування проектів лікування пацієнтів

На підставі вище описаної архітектури розроблено інтелектуальну інформаційну систему планування проектів лікування пацієнтів на мові *Python 3.11*.

**Висновки.** Виконаний аналіз стану медичної сфери та науки дав можливість встановити важливість впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та аналіз даних, для оптимізації та покращення медичного обслуговування. Інтелектуальні інформаційні

системи дозволяють медичним працівникам отримувати доступ до повної та актуальної медичної інформації про забезпечення, що підтримує прийняття більш обґрунтованих рішень та покращення точності діагнозів і лікування. На підставі цього аналізу встановлено доцільність обґрунтування архітектури інтелектуальної інформаційної системи для планування проектів лікування пацієнтів. Запропонована архітектура інтелектуальної інформаційної системи передбачає використання бази даних (БД), бази знань (БЗ) та 8 системно взаємопов'язаних блоків, які системно забезпечують підготовку даних, отримання потрібної інформації та навчання нейромережевої моделі, що лежить в основі планування проектів лікування пацієнтів. Подальші дослідження слід проводити у напрямі розроблення людино-машинного інтерфейсу, який дає можливість виконувати запити користувачами та зручно взаємодіяти із системою, а також проектувати основні модулі інтелектуальної інформаційної системи.

### **Бібліографічний список**

1. Tryhuba A., Malanchuk O., and Tryhuba I., Prediction of the Duration of Inpatient Treatment of Diabetes in Children Based on Neural Networks, *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3426, pp. 122–135.
2. Tully J.L., Zhong W., Simpson S., Waterman R.S., and Gabriel R.A., Machine Learning Prediction Models to Reduce Length of Stay at Ambulatory Surgery Centers Through Case Resequencing, *Journal of Medical Systems*, 2023, 47(1), 71.
3. Zavalsız M.T., Alhajj S., Sailunaz K., Ozyer T., and Alhajj R.A., Comparative Study of Different Pre-Trained DeepLearning Models and Custom CNN for Pancreatic Tumor Detection, *International Arab Journal of Information Technology*, 2023, 20(3 Special Issue), pp. 515–526.
4. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Padyuka R., and Rudynets M., Forecasting the risk of the resource demand for dairy farms basing on machine learning, *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, 2631, pp. 327–340.
5. Koval N., Kondysiuk I., Grabovets V., and Onyshchuk V., Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies, *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2917, pp. 196–206.

## ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ГРОМАД

*А.М. Тригуба<sup>1</sup>, д.т.н., професор, І.Л. Тригуба<sup>1</sup>, к.с.-г.н., доцент, О.Я. Андрушків<sup>2</sup>, здобувач, Я.В. Шолудько<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, М.А. Михалюк, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування*

*<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

An analysis of the state of science and the subject area of the use of organic waste in the territory of communities was carried out. The expediency of integrating multiple management processes and taking into account the features of the project environment during the management of energy production projects from organic waste on the territory of communities has been established. The expediency of developing an approach and tools for managing energy production projects from organic waste on the territory of communities, which will ensure an increase in value for stakeholders, is substantiated. The proposed algorithm of ecological value management of energy production projects from organic waste in the territory of communities involves the implementation of 14 interrelated steps. It is based on taking into account the state of the changing project environment of communities and current regulations, which are the basis for justifying changes in the actions of product formation. The main feature of the proposed approach is the implementation of processes of environmental value assessment of the state of product formation during project implementation. Further research should be conducted to develop models and methods of implementing processes of ecological value management of energy production projects from organic waste on the territory of communities.

**Key words:** project management, processes, ecological value approach, organic waste, communities.

Виробництво енергії із органічних вихідних речовин є одним із перспективних напрямків у сфері альтернативної енергетики, яке вже стало широким застосуванням у різних країнах світу. Однак цей процес супроводжується чисельними технічними, екологічними, економічними та соціальними викликами, які вимагають комплексного та наукового підходу до управління проектами в даній сфері. При цьому виникає низка науково-прикладних задач, формулювання та розв'язання яких потребує вивчення та аналізу особливостей управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад. При цьому слід враховувати важливі аспекти, такі як технологічні рішення, фінансові моделі, екологічні дослідження та соціальний вплив таких проектів. Метою наших досліджень є розкриття особливостей, які зумовлюють успішну реалізацію проектів виробництва енергії із органічних відходів та визначення оптимальних стратегій управління такими проектами для досягнення сталого розвитку та задоволення потреб громад.

Нами пропонується використовувати еколого-ціннісний підхід до управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад із врахуванням змін в умовах проектного середовища та цінностей для стейкхолдерів. Основними елементами такого підходу є гнучкість, адаптація до змін, співпраця із цікавими сторонами та постійне оцінювання цінностей. Блок-схема алгоритму еколого-ціннісного управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму еколого-ціннісного управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад

Розроблений алгоритм еколого-ціннісного управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад передбачає виконання 14 взаємопов'язаних кроків, що базуються на врахуванні стану мінливого проектного середовища громад та чинних регламентів, які лежать в основі обґрунтування змін у діях із формування продукту.



## **Висновки.**

На підставі виконаного аналізу стану науки та предметної галузі встановлено, що управління проектами виробництва енергії із органічних вихідних речовин є складним науково-прикладним завданням, що вимагає інтеграції багатьох управлінських процесів та врахування особливостей проектного середовища. При цьому існує потреба розроблення підходу та інструментарію для управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад, які забезпечать підвищення ефективності їх реалізації та зростання цінності для стейкхолдерів. Розроблено алгоритм еколого-ціннісного управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад передбачає виконання 14 взаємопов'язаних кроків, що базуються на врахуванні стану мінливого проектного середовища громад та чинних регламентів, які лежать в основі обґрунтування змін у діях із формування продукту. Основною особливістю запропонованого підходу до управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад є виконання процесів еколого-ціннісного оцінення стану формування продукту під час реалізації проектів. Це забезпечує обґрунтування реакцій на зміни у проектах виробництва енергії із органічних відходів на території громад на підставі оцінки екологічної та енергетичної складових цінності для стейкхолдерів. Подальші дослідження слід проводити у напрямі розроблення моделей та методів виконання процесів еколого-ціннісного управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад.

## **Бібліографічний список**

1. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., et al. Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. *Proceedings of the 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, volume 2 of CSIT 2020, pp. 151-154. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9322024
2. Bashynsky O. Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their. *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, volume 3 of CSIT 2019, Lviv Ukraine, 2019, pp. 51–54, doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929816
3. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Boyarchuk O., Ftoma O., Evaluation of Risk Value of Investors of Projects for the Creation of Crop Protection of Family Daily Farms. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 67(5) (2019) 1357-1367. doi:10.11118/actaun201967051357
4. Zorpas A. A., Lasaridi K., Voukkali I., Loizia P. Household organic waste management in the EU: current practices, challenges and developments, *Sustainability*, 2016, 8(1), 1-17. doi: 10.3390/su8010014

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЕКТІВ

*П.М. Луб, к.т.н., доцент, С.А. Штогрин, ст. викладач,  
В.І. Фіялковський, ст. викладач, Х.І. Мозуль, зав.комп.класом  
Львівський національний університет природокористування*

Analysis of information systems for production projects and cloud computing technology was performed. The structure and purpose of information and analytical decision support systems are given. The elements of this system are described and the results of its practical use for the content planning processes of the harvesting projects are obtained. The expediency of using IS to support and make decisions in agro-industrial complex projects is shown.

**Keywords:** information system, modeling, efficiency indicators, decision support.

Інформаційно-аналітичні системи відносять до особливого класу інформаційних систем, призначених для аналітичної обробки даних та супроводу прийняття рішень, а не для автоматизації діяльності підприємства. Розробка інформаційно-аналітичних систем, що відповідають цілям і завданням підприємств аграрного сектору, є достатньо складним процесом, що включає етапи формування концепції, проектування, розробки, впровадження і супроводу рішень. Для цього необхідно володіти загальною методикою створення інформаційно-аналітичних систем, що містить склад і послідовність робіт і завдань, склад ролевих функцій, документів, моделей, схем тощо.

Застосування цих систем призначене для підтримки всіх стадій прийняття рішень у процесі аналітичної обробки інформації, моделювання та управління проектами в АПК. В загальному розумінні, системи підтримки прийняття рішень (СППР) – комплекс програмних засобів, що включає комплекс різних алгоритмів підтримки рішень, базу моделей, базу даних, допоміжні та керівну програми і т.д.

Відповідно до загальноприйнятих визначень СППР – це взаємодіюча з іншими системами комп'ютеризована система для надання допомоги менеджерам у процесі прийняття рішень. СППР допомагає менеджерам

знаходити, обчислювати і аналізувати дані, що відносяться до рішення, яке приймається. Системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems — *DSS*), належать до інформаційних систем нового покоління, головне призначення яких полягає в забезпеченні комп'ютерною підтримкою прийняття рішень зі слабоструктурованих та неструктурованих проблем організаційного управління на різних етапах підготовки рішень і моніторингу. Незважаючи на те, що на даний час у світі розроблено сотні типів СППР, такі системи в Україні практично не використовуються.

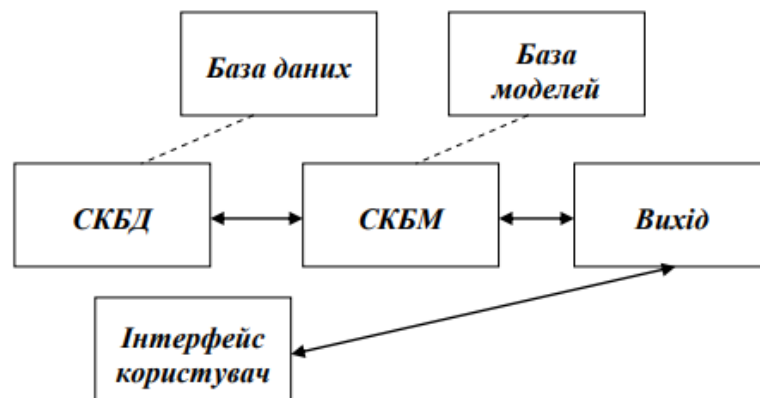


Рис. Структура СППР: СКБД – система керування базою даних; СКБМ – система керування базою моделей

Значна частина агрохолдингів сьогодні прийшла до такого етапу свого розвитку, що конкуренція на ринку АПК заставляє їх використовувати не тільки продуктивні технології виробництва продукції із застосуванням дедалі нових сортів, добрив та хімічного захисту, але й використання сучасних ІТ для ефективного використання наявних ресурсів та управління виробництвом загалом. Переважно, такі системи є платними і доволі важко досяжні для менших господарств. Вони також є дещо узагальненими та не розглядають особливості виробничих процесів на рівні окремих технологічних операцій.

Цю прогалину можна заповнити розробкою спеціальних прикладних програм для підтримки прийняття рішень – цьому завданню і присвячено кваліфікаційну роботу.

Початковою базою знань для системно-подієвого відображення умов проектного середовища у статистичній імітаційній моделі процесів ЗЦБ є

множина залежностей характеристик та моделей ризику агрометеорологічної і предметної складових.

Відображення бурякозбиральних робіт у віртуальному проекті ЗЦБ відбувається у чисельному форматі. З метою встановлення закономірностей зміни інтегрованих функціональних показників проектів за різних планових термінів початку робіт, моделювання виконується для заданих меж календарного періоду функціонування техніки.

Зокрема, нами розроблено комп'ютерну програму статистичної імітаційної моделі технологічних процесів збирання врожаю цукрових буряків. Ця програма дозволяє змодельовати агрометеорологічні умови періоду збирання та відповідно до цих умов роботу бурякозбирального комбайна. Модель оснащено інтерфесним вікром для введення початкових даних моделювання (рис. 2).

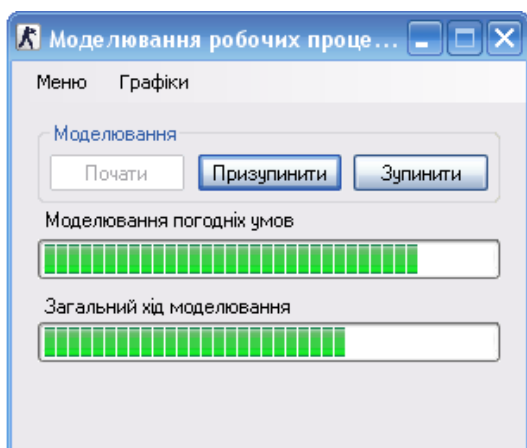


Рис. 2. Головне вікно комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі процесу збирання цукрових буряків

В результаті моделювання отримують дані на основі яких можна вивести основні характеристики роботи бурякозбирального комбайна. Отримані результати

моделювання опрацьовують за допомогою хмарного сервісу *Office365* та вносять у файлі *Google Sheets* (рис. 3): 1) обсяги фактично зробленої площі, га; 2) обсяги втрат, ц/га. На підставі розрахунків, отримують закономірності показників ефективності відповідного модельованого технологічного процесу.

Застосування такої методики зумовлене тим, що для відповідного технічного оснащення проектів збирання врожаю культури необхідно планувати чітко визначений обсяг робіт, у цьому разі сукупні питомі витрати коштів у технологічних процесах будуть мінімальними. Такий розв'язок

завдання дає змогу підвищити точність планування ресурсів підприємства та підвищити ефективність їх використання під час сезонних робіт.

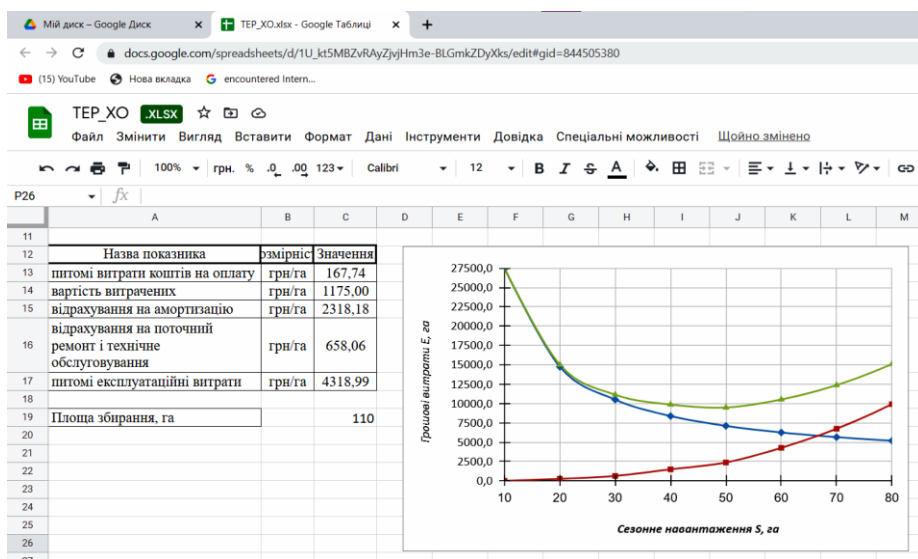


Рис. 3. Побудова закономірностей зміни грошових витрат у технологічному процесі збирання врожаю культури (комбайн – ROPA Euro Tiger 3)

Таким чином, агрохолдинги що працюють в Україні сьогодні прийшли до такого етапу свого розвитку, що конкуренція на ринку АПК змушує їх використовувати не тільки продуктивні технології виробництва продукції із застосуванням дедалі нових сортів, добрив та хімічного захисту, але й використання сучасних ІТ для ефективного використання наявних ресурсів та управління виробництвом загалом.

### Бібліографічний список

1. Специфіка інформаційних систем на основі технології cloud computing. URL: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/vcndtu/2011\\_53/29.htm](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/vcndtu/2011_53/29.htm). (дата доступу: 10.09.2023)
2. Шилдт Г. С# 4.0: повне керівництво. – М.: ТзОВ “І.Д. Вільямс”, 2011. – 1056 с.
3. Benefits of cloud computing. URL: <http://www.verio.com/resource-center/articles/cloud-computing-benefits>. (дата доступу: 10.09.2023)

# DETERMINING THE PROJECT MODEL FOR IMPLEMENTATION ERP CLASS INFORMATION SYSTEM FOR THE RESOURCES AND ACTIVITIES MANAGEMENT IN TERRITORIAL COMMUNITIES

*O. P. Kopishynska, PhD, Y. V. Utkin, PhD,  
O. V. Kalashnik, PhD, S. E. Moroz, PhD, V. M. Chubenko  
Poltava State Agrarian University, Ukraine*

**Abstract:** The paper presents a case study on the preparation of a pilot project for the implementation of ERP system modules for managing the resources and activities of the territorial community. Based on the study of the structure and activity of territorial communities, the uniqueness of such a solution for non-industrial organizations is revealed. Results of the survey of specialists and the content of the work at the project initiation stage are summarized.

**Keywords:** Project life cycle, project goals, cloud ERP, case method

Реформування системи управління територіальними громадами (ТГ) в Україні – одна з ключових проєвропейських реформ, яка знаходиться в активній фазі. Тому питання переходу до нового рівня ефективного аудиту і управління всіма видами ресурсів є доволі актуальним, враховуючи той факт, що спеціальних інформаційних систем (ІС) для цих задач поки що не існує [1].

Унікальність систем ERP (Enterprise Resource Planning) в тому, що вони відіграють роль універсального програмного забезпечення (ПЗ), здатного об'єднувати будь-які бізнес-процеси. Зведені разом в одне процеси, системи і дані забезпечують аналітику, прискорення та адаптивність, необхідні для початку оптимізації бізнес- або управлінських процесів.

Виділяють три основні напрямки, в яких система ERP здатна підвищити ефективність організації [2]:

1. Підвищення результативності: системи надають аналітику, яка підтримує прийняття рішень і визначає напрямки операційної ефективності.

2. Прискорення операційних рішень: на основі об'єднаних даних і процесів підвищується їхня видимість і гнучкість для співробітників, допомагаючи їм швидше вживати заходів та досягати більших результатів.

3. Гнучкість бізнесу: ERP-рішення адаптуються і масштабуються відповідно до потреб, забезпечують оперативне реагування на ризики і зміни.

Поділ ІС на підсистеми забезпечує при розробленні, впровадженні та експлуатації такі переваги:

–урахування виробничих потреб під час розробки та модернізації ІС;

–поетапність впровадження та можливість постачання і розширення готових модулів (контурів) відповідно до черговості виконання робіт;

–зручність експлуатації завдяки спеціалізації працівників тієї предметної області, для якої розроблені окремі модулі.

Перевагами ERP-систем є можливість зваженого та раціонального впровадження, вибору варіантів розгортання та ліцензування для кожного підприємства.

Зміст передпроектної підготовки представлено на основі консалтингової діяльності авторів роботи в різних ТГ. Були обґрунтовані критерії складання проектних планів на прикладі реальних організацій на основі обраної ІС класу ERP. Аналіз діяльності організації (ТГ), яка має складну розгалужену структуру, був проведений у співпраці з ключовими спеціалістами, і допоміг виявити спільні проблеми, які потребують вирішення саме через уведення єдиної управляючої системи.

З'ясовано, що організації та підприємства в складі територіальної громади мають різні плани рахунків, використовують більше 30 видів систем подання податкової звітності, спеціалізованих галузевих ІС, стандартного ПЗ. У той же час мало систем управління персоналом, документообігом, бюджетом тощо. Для успішної реалізації проекту підготовлено його опис із зазначення цілей, завдань, очікуваних результатів та необхідного ресурсного забезпечення [3]. Обстеження підприємства і опис проекту є результатом сумісної роботи групи у складі провідних фахівців організації-замовника, представників компанії-виконавця, науковців-дорадників ПДАУ.

Для впровадження ERP системи обрана чотирифазна модель життєвого циклу проекту, яка включає:

1. Аналіз бізнес-процесів та потреб зацікавлених осіб: ІТ компанія разом із замовником аналізують бізнес-процеси та їхню ефективність, будують інформаційну модель системи за принципом «як повинно бути», ТЗ.

2. Адаптація системи і введення в дослідну експлуатацію. Фаза поділяється на проміжні етапи, які відповідають логічним бізнес-процесам. Кожен із них адаптується і переходить у дослідну експлуатацію замовнику.

3. Запуск системи. Існуючий великий обсяг інформації, який неможливо втратити, підлягає обов'язковому перенесенню в середовище системи, перевіряються ключові показники. Перед запуском системи проводиться «чистовий» імпорт даних.

4. Обслуговування, підтримка, розвиток: компанія-постачальник проводить технічну підтримку системи та фахівців замовника.

Одночасно на етапах 3-4 фази відбувається первинне навчання персоналу для освоєння нової системи. Таке навчання заплановане співробітниками компанії разом із викладачами ПДАУ, які запроваджують аналогічну систему в навчальний процес.

### **Бібліографічний список**

1. Communities. URL: <https://decentralization.gov.ua/en/newgromada> (дата звернення 26.09.2023)

2. HassabElnaby, Hassan R.;Hwang, Woosang;Vonderembse, Mark A. The impact of ERP implementation on organizational capabilities and firm performance. *Benchmarking : an international journal*. 2012. Vol. 19, Issue 4/5. Pages 618 – 633. DOI: 10.1108/14635771211258043

3. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Seventh Edition and The Standard for Project Management. Project Management Institute, Inc., 2021. 589 p.

## **DEVELOPMENT OF A PROJECT FOR A NAVIGATION SAFETY MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF MARITIME TRANSPORT**

*O. Kyryllova, DSc, V. Pitera, DSc, V. Kyryllova, PhD, O. Rossomakha, PhD,  
V. Shakhov, V. Adakhovskiy*

*Odesa National Maritime University*

**Abstract.** The article clarifies the concepts of transport system management, information system of safety of navigation, identifies the main organizations that ensure the safety and monitoring of objects located in inland waters, the territorial sea, adjacent and exclusive (marine) economic zones of Ukraine, proposes the use of a project-oriented information system management mechanism ensuring the safety of navigation and a system for monitoring the overwater and underwater situation in the water areas of ports and on the approaches to them based on the conceptual information model of Long Range Identification and Tracking System.

**Keywords.** information system, maritime transport, project management, seaport, navigation safety

Analyzing the development of merchant shipping in Ukraine, it can be argued that due to the practical loss of the main potential of the domestic maritime fleet, the current state of maritime transport does not meet the needs of the country's economy, due to several limiting factors, one of which is the critical need to update (re-equip) the destroyed safety system of maritime transport.

The existing equipment of the navigation safety system is morally and physically outdated from a technical point of view ensuring modern control over the navigation situation and providing timely assistance to domestic and foreign vessels in emergencies excludes the lack of Ukraine's integrated satellite communication system.

COVID-19-related quarantine restrictions, martial law in Ukraine, climate change, and geopolitics have wreaked havoc on maritime transport and logistics, clogging some ports and closing others, reconfiguring routes, continuing delays, and increasing shipping costs. Seaports are a key component of the state system for regulating navigation in the territorial sea and sea waters of Ukraine, the subject of numerous international economic and legal relations enshrined in conventions and other international treaties [1-3].

One of the important directions for the development of seaports is ensuring the safety and development of an information system for monitoring the overwater and underwater situation in port waters and approaches to them [4, 5].

Currently, monitoring of objects located in internal waters, the territorial sea, adjacent and exclusive (marine) economic zones of Ukraine is carried out by the forces and means of individual departments of the coastal surveillance system of the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine, the overwater situation monitoring system of the Ukrainian Border Guard Service, systems for regulating ship traffic, search and rescue systems in the maritime search and rescue region of Ukraine, a unified system for monitoring the overwater situation in the Black and Azov Seas of the Ministry of Development of Communities, Territories and Infrastructure of Ukraine and other systems. At the same time, all the above-mentioned systems are isolated and do not allow interested entities to have complete operational



information about the situation in the Black and Azov Seas and the Dnieper and Danube River basins for making management decisions.

Maritime Situational Awareness (MSA) spans both military and non-military domains and involves interaction and/or collaboration with a wide range of non-traditional data sources, organizations, and actors. There are significant resources for obtaining data on trade traffic, ranging from commercially available databases to time records of ships passing through the world's ports hosted on port websites.

These components are united by the Main Data Centers (MDC) which will play a significant role in the processes of obtaining data on trade transport, ranging from commercially available databases to time records of ships passing through the ports of the world, located on port websites. Information relating to civil vessels can be collected from either static reference external databases such as the World Port Index (WPI) or Lloyd's List Intelligence, or from dynamic sources such as the Automatic Identification System (AIS), Long Range Identification and Tracking of Ships (LRIT), and from operator-defined data.

In the interests of more effective use of the capabilities of departmental surveillance systems, a high degree of information interaction is required, which should be based on their technical and functional compatibility. A similar practice is to deploy surveillance systems in leading states, in particular in NATO member states.

### **References**

1. A. Tryhuba, I. Tryhuba, O. Bashynsky, I. Kondysiuk, N. Koval and L. Bondarchuk, "Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects," 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Zbarazh, Ukraine, 2020, pp. 155-158, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321903.

2. A. Tryhuba, R. Ratushny, I. Horodetsky, Y. Molchak, V. Grabovets, "The Configurations Coordination of the Projects Products of Development of the Community Fire Extinguishing Systems with the Project Environment," Proceedings of the 2nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2021), CEUR Workshop Proceedings, 2021, vol. 2851, pp. 238-248.

3. V. Samoilovska, O. Kyrylova, V. Pitera, "Model for Evaluating the Efficiency of Seaports Development Projects Based on the Quality 4.0 Information and Analytical System," Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023), Warsaw, Poland, May 19, 2023, CEUR Workshop Proceedings, 2023, vol. 3453, pp. 1-12.

4. A. Shakhov, V. Pitera, V. Botsaniuk and O. Sherstiuk, "Competitiveness Assessment of Services in Seaport Concession Projects," 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2022, pp. 406-409, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000554.

5. A. Shakhov, O. Kyrylova, O. Sagaydak, V. Pitera, O. Sherstiuk, "Conceptual risk-oriented model of goal setting in the implementation of concession projects in seaports," Proceedings of the 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022), Kyiv, Ukraine, August 26, 2022, CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3295, pp. 149-158.

# ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ПОСЛУГИ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОГО ТА ВОЄННОГО СТАНУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

*О.В. Паньків, аспірант*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

The expediency of forecasting the demand for medical laboratory services in conditions of effective and martial law based on the application of machine learning technologies is substantiated. This approach is a key element in providing effective medical care and optimal use of limited resources. With the development of technology and the availability of large amounts of data, the possibilities of using different algorithms and machine learning models are increasing. The considered models for forecasting the demand for medical laboratory services. They are the basis of effective anti-crisis management of projects at critical infrastructure facilities. It has been found that an optimal demand forecasting system for medical laboratory services may use a combination of these approaches, taking into account specific needs and capabilities. In the future, the toolkit for anti-crisis management of projects at critical infrastructure facilities should be substantiated thanks to the use of machine learning technologies in the medical sector.

**Key words:** forecasting, services, medical laboratories, crisis management, machine learning.

У світі спостерігається постійна ситуація, коли здоров'ю населення загрожують різні небезпеки через кризові ситуації, такі як природні катастрофи, епідемії та війни. В цих надзвичайних обставинах медичні лабораторії відіграють важливу роль у забезпеченні якісної медичної допомоги населенню. Прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій стає надзвичайно важким завданням для забезпечення оптимального використання ресурсів та ефективної медичної допомоги в умовах кризи. У нашому дослідженні пропонується використовувати алгоритми машинного навчання, які використовуються для прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій під час надзвичайного та військового стану.

Прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій в умовах надзвичайного та воєнного стану має кілька ключових переваг, які лежать в основі ефективного антикризового управління проектами на об'єктах критичної інфраструктури:

- ✓ оптимізація ресурсів – за допомогою прогнозування запиту можна ефективно розподіляти обладнання, лікарський персонал та реагенти для максимальної продуктивності лабораторії;
- ✓ планування екстрених заходів – забезпечення реагування на епідемії чи масштабні аварії, що вимагає попереднього планування та мобілізації ресурсів завдяки прогнозуванню попиту на допомогу населенню;

✓ збереження життя людей – швидкий доступ до лабораторних досліджень може врятувати життя в критичних ситуаціях, і прогнозування попиту дозволить забезпечити надання послуг вчасно.

Технології машинного навчання можуть бути використані для розробки моделей, які допоможуть прогнозувати попит на послуги медичних лабораторій (табл.).

Таблиця. Характеристики моделей машинного навчання для прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій

Модель машинного навчання	Задача прогнозування, яка вирішується	Переваги	Недоліки
Часові ряди	Прогноз попиту на послуги лабораторії, з урахуванням історичних даних та факторів впливу, таких як епідемії та погодні умови.	Висока точність прогнозування. Можливість реагувати на зміни в часі.	Вимагає великого обсягу даних. Не завжди враховує нелінійні зв'язки.
Моделі глибокого навчання	Аналіз складних зв'язків між важливими факторами та попитом на послуги медичних лабораторій.	Здатність розпізнавати складні закономірності. Висока точність прогнозування.	Вимагає великого обсягу даних. Складне налаштування та навчання моделі.
Обробка природної мови	Збереження оновленої інформації про деякі загрози та їх вплив на попит у лабораторних послугах.	Здатність аналізувати тексти з різних джерел. Можливість реагувати на новини та події.	Обмежене застосування без текстових даних. Можливість шуму в тексті.
Кластеризація та класифікація	Розподіл запиту на послуги різних категорій та класів для кращого розуміння, щоб з'ясувати які конкретні послуги потрібні в різних ситуаціях.	Спрощення аналізу та планування. Зручна категоризація послуг.	Вимагає наявності чітких категорій. Важко розподілити послуги в деяких ситуаціях.

Використання інтелектуального аналізу регіональних даних	Точне прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій в кожному регіоні на основі географічних та демографічних особливостей.	Персоналізований підхід до кожного регіону. Зниження невизначеності.	Вимагає наявності даних для кожного регіону. Складно охопити всі можливі ситуації та фактори, що їх зумовлюють.
--	--	--	---

Використання технологій машинного навчання для прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій в умовах надзвичайного та воєнного стану може суттєво підвищити ефективність проектів медичної допомоги та зменшити ризик для здоров'я населення. Це важлива складова сучасної системи охорони здоров'я, особливо у важких умовах, коли ресурси обмежені і потрібно ефективно реагувати на надзвичайні ситуації та здійснювати антикризове управління проектами на об'єктах критичної інфраструктури.

Для успішної реалізації проектів на об'єктах критичної інфраструктури, до яких належать медичні лабораторії, слід виконувати процеси прогнозування. Вони потребують збирати та аналізувати великі дані в реальному часі, створювати мережеву співпрацю між медичними установами, регулюючими органами та науковими установами, а також навчати персонал працювати зі складними моделями машинного навчання.

Прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій стає ключовим інструментом для підвищення ефективності та точності надання медичних послуг в умовах екологічного та військового стану. Розробка та впровадження підходів антикризового управління проектами на об'єктах критичної інфраструктури може сприяти збереженню життя і зменшенню негативного впливу кризових ситуацій на здоров'я населення, що перебуває у зоні ураження надзвичайними ситуаціями.

**Висновки.** Прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій в умовах ефективного та воєнного стану на основі застосування технологій машинного навчання є ключовим елементом для забезпечення ефективної медичної допомоги та оптимального використання обмежених ресурсів. З розвитком технологій та доступністю великої кількості даних, можливості використання різних алгоритмів та моделей машинного навчання зростають.

Розглянуті моделі до прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій, включаючи аналіз часових рядів, моделі різного глибокого навчання, обробку природних мов, класифікацію та кластеризацію, а також використання регіональних даних, лежать в основі ефективного антикризового управління проектами на об'єктах критичної інфраструктури. Кожен з цих підходів має свої переваги та обмеження, і їх вибір відрізняється від конкретних умов та завдань. Оптимальна система прогнозування попиту

на послуги медичних лабораторій може використовувати комбінацію цих підходів, враховуючи конкретні потреби та можливості.

Важливо також приділяти увагу збору та аналізу актуальних даних, співпраці між медичними установами та іншими організаціями, а також навчанню персоналу працювати зі складними моделями машинного навчання. Прогнозування попиту на послуги медичних лабораторій в умовах кризових ситуацій може значно підвищити реагування на надзвичайній ситуації та зберегти життя та здоров'я населення. У подальшому слід обґрунтовувати інструментарій для антикризового управління проектами на об'єктах критичної інфраструктури завдяки використанню технологій машинного навчання в медичному секторі.

### Бібліографічний список

1. Tully J.L., Zhong W., Simpson S., Waterman R.S., Gabriel R.A. Machine Learning Prediction Models to Reduce Length of Stay at Ambulatory Surgery Centers Through Case Resequencing. *Journal of Medical Systems*, 2023, 47(1), 71.
2. Tryhuba A. , Malanchuk O. , Tryhuba I. Prediction of the Duration of Inpatient Treatment of Diabetes in Children Based on Neural Networks. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3426, pp. 122–135.
3. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I. , Padyuka R. , Rudynets M. Forecasting the risk of the resource demand for dairy farms basing on machine learning. *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, 2631, pp. 327–340.
4. Koval N., Kondysiuk I. , Grabovets V. , Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2917, pp. 196–206.
5. Tryhuba A., Tryhuba I. , Bashynsky O. , Koval N. , Bondarchuk L. , Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2020, 2, pp. 155–158, 9321903.
6. Tryhuba A., Kondysiuk I. , Tryhuba I. , Boiarchuk O. , Tatomyr A. , Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022, 3109, pp. 44–52.
7. Tryhuba A. , Kondysiuk I. , Tryhuba I. , Lub P. Approach and Software for Risk Assessment of Stakeholders of Hybrid Projects of Transport Enterprise. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3295, pp. 86–96.
8. Batyuk V.V. , Dyndyn M.L. Coordination of configurations of complex organizational and technical systems for development of agricultural sector branches. *Journal of Automation and Information Sciences*, 2020, 52(2), pp. 63–76.
9. Ganzinger M. , Gietzelt M. , Karmen C. , Firnkorn D. , Knaup P. , An IT Architecture for Systems Medicine. *Studies in Health Technology and Informatics*, 2015, 210, pp. 185–189.
10. Santos M.F., Portela F., Vilas-Boas M. , Silva A. , Rua F. Information architecture for intelligent decision support in intensive medicine. *WSEAS Transactions on Computers*, 2009. 8(5), pp. 810–819.

# СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОЕКТАХ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*В.Р. Демчина, ад'юнкт*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

An analysis of the state of development of transport infrastructure was performed and the expediency of using a project approach and modern information systems and technologies was substantiated. It has been established that the use of information systems based on innovative information technologies in transport infrastructure development projects has its advantages and disadvantages. The development of modern IT technologies opens up new opportunities for increasing the efficiency, safety and environmental friendliness of transport systems. Possible scenarios for further development and implementation of IT technologies in transport infrastructure development projects are described. It has been established that future information systems in transport infrastructure development projects will be based on artificial intelligence and machine learning technologies, which can be used to predict road situations and manage traffic flows. The implementation of IT technologies in transport infrastructure development projects will ensure a significant positive impact on the development of the economy and society as a whole.

**Key words:** projects, development, transport, infrastructure, information systems, IT technologies.

Транспортна інфраструктура є однією із базових компонент, що забезпечує економічний розвиток будь-яких регіонів та міст держави. Вона забезпечує зв'язок між різними регіонами, сприяє розвитку торгівлі та туризму, а також підвищує конкурентоспроможність економіки.

У сучасних умовах розвиток транспортної інфраструктури неможливий без використання проектного підходу та сучасних інформаційних систем та технологій. ІТ-технології дозволяють підвищити ефективність транспортних систем, зробити їх більш безпечними та екологічно чистими. До основних інформаційних систем, які використовуються у проектах розвитку транспортної інфраструктури, можна віднести:

1) автоматизовані системи управління дорожнім рухом (АСУДР), які призначені для підвищення безпеки та ефективності руху на дорогах. АСУДР дозволяють контролювати дорожній рух, регулювати світлофори, а також виявляти та реагувати на аварійні ситуації;

2) системи інтелектуального транспортування (ІТС) використовують ІТ-технології для оптимізації транспортних потоків. ІТС дозволяють прогнозувати дорожню ситуацію, розподіляти транспортні потоки, а також пропонувати альтернативні маршрути;

3) системи управління транспортними засобами (СУТС) дозволяють дистанційно керувати транспортними засобами. СУТС використовуються для управління громадським транспортом, а також для автономних транспортних засобів;

4) системи геоінформаційного аналізу (ГІС) використовуються для аналізу транспортної інфраструктури. ГІС дозволяють отримувати та обробляти геопросторові дані, а також створювати цифрові карти та моделі.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки використання сучасних інформаційних технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури

Інформаційна система	Сучасні ІТ технології	Вирішувані задачі	Переваги	Недоліки
АСУДР	Сучасні ІТ технології	Вирішувані задачі	Підвищення безпеки, ефективності, екологічності	Висока вартість, залежність від ІТ-інфраструктури, необхідність підготовки кадрів
ІТС	Сенсори, зв'язок, штучний інтелект	Контроль дорожнього руху, регулювання світлофорів, виявлення та реагування на аварійні ситуації	Підвищення ефективності, зменшення затримок, покращення якості обслуговування	Висока вартість, залежність від ІТ-інфраструктури, необхідність підготовки кадрів
СУТС	Сенсори, зв'язок, штучний інтелект, машинне навчання	Прогнозування дорожньої ситуації, розподіл транспортних потоків, пропозиція альтернативних маршрутів	Підвищення безпеки, ефективності, зменшення викидів	Висока вартість, залежність від ІТ-інфраструктури, необхідність підготовки кадрів
ГІС	Автоматизація, штучний інтелект, машинне навчання	Дистанційне керування транспортними засобами	Покращення прийняття рішень, зменшення витрат	Висока вартість, необхідність кваліфікованих кадрів

У світі існує багато прикладів використання ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури. У США компанія ІВМ розробила систему АСУДР, яка використовується на автомагістралі І-95 у штаті Флорида. Ця система дозволяє контролювати дорожній рух та регулювати світлофори, що призвело до зниження аварійності на 20%. У Японії компанія Toyota розробила систему ІТС, яка використовується в місті Йокогама. Ця система дозволяє прогнозувати дорожню ситуацію та розподіляти транспортні

потоки, що призвело до зниження затримок у дорожньому русі на 25%. У Китаї компанія Huawei розробила систему СУТС, яка використовується для управління громадським транспортом у місті Шеньчжень. Ця система дозволяє дистанційно керувати автобусами та тролейбусами, що призвело до підвищення пунктуальності громадського транспорту на 95%.

Підвищення безпеки є однією з найважливіших переваг використання ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури. ІТ-технології дозволяють виявляти та реагувати на аварійні ситуації, а також запобігати їх виникненню. Наприклад, системи АСУДР дозволяють контролювати дорожній рух та регулювати світлофори, що призводить до зниження аварійності.

Підвищення ефективності також є важливою перевагою використання ІТ-технологій. ІТ-технології дозволяють оптимізувати транспортні потоки, що призводить до зниження витрат на транспортування та підвищення рівня обслуговування пасажирів. Наприклад, системи ІТС дозволяють прогнозувати дорожню ситуацію та розподіляти транспортні потоки, що призводить до зниження затримок у дорожньому русі.

Зменшення екологічного навантаження є ще однією перевагою використання ІТ-технологій. ІТ-технології дозволяють зменшити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Наприклад, системи СУТС дозволяють дистанційно керувати транспортними засобами, що призводить до зниження споживання палива.

Висока вартість є одним з основних недоліків використання ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури. ІТ-технології є складними та дорогими системами.

Залежність від ІТ-інфраструктури є ще одним недоліком використання ІТ-технологій. ІТ-технології вимагають наявності надійної та високопродуктивної ІТ-інфраструктури.

Необхідність підготовки кадрів є ще одним недоліком використання ІТ-технологій. Для експлуатації та обслуговування ІТ-систем у проектах розвитку транспортної інфраструктури необхідні кваліфіковані кадри.

Можна навести деякі додаткові приклади використання сучасних ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури:

- 1) використання штучного інтелекту для виявлення та прогнозування дорожніх заторів;
- 2) використання машинного навчання для оптимізації маршрутів громадського транспорту;
- 3) використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу стану транспортної інфраструктури;

Розвиток сучасних ІТ-технологій відкриває нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та екологічності транспортної інфраструктури. У подальшому слід розробляти інструментарій (моделі та методи), які лежить в основі створення інформаційних технологій для вирішення задач управління проектами розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів.



**Висновки.** На даний час розвиток транспортної інфраструктури неможливий без використання проектного підходу та сучасних інформаційних систем та технологій. У світі є багато прикладів використання інформаційних систем, які базуються на інноваційних інформаційних технологіях. Вони мають свої переваги та недоліки. Незважаючи на недоліки, використання ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури є перспективним напрямком. Розвиток сучасних ІТ-технологій відкриває нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та екологічності транспортних систем. У найближчі роки можна очікувати подальшого розвитку та впровадження ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури. Цьому сприятиме подальший розвиток і удосконалення ІТ-технологій, зростання попиту на ефективні, безпечні та екологічно чисті транспортні системи, а також збільшення фінансування проектів розвитку транспортної інфраструктури. Майбутні інформаційні системи у проектах розвитку транспортної інфраструктури базуватимуться на технологіях штучного інтелекту та машинного навчання, які можуть бути використані для прогнозування дорожньої ситуації та управління транспортними потоками. Автономні транспортні засоби можуть допомогти підвищити безпеку та ефективність транспортних систем. Геоінформаційні системи (ГІС) забезпечать аналіз транспортної інфраструктури та планування транспортних проектів. Впровадження ІТ-технологій у проектах розвитку транспортної інфраструктури забезпечить значний позитивний вплив на розвиток економіки та суспільства в цілому.

#### **Бібліографічний список**

1. Bushuyev S., Bushuiev D., Zaprivoda A., Babayev J., Elmas Ç., Emotional infection of management infrastructure projects based on the agile transformation. *CEUR Workshop Proceedings 2565* (2020) 1–12.
2. Kobylkin D., Zachko O., Popovych V., Burak N., Golovaty R., Wolff C. Models for Changes Management in Infrastructure Projects, in: *ITPM, 2020*, pp. 106–115.
3. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., Kondysiuk I., Koval N., Bondarchuk L., Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. *IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2020, IEEE, Lviv, 2020*, pp. 155–158.
4. Kondysiuk I., Tryhuba A., Bashynsky O., Dembitskyi V., Myskovets I., Formation and risk assessment of stakeholders value of motor transport enterprises development projects, *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies. 2021, 2*, pp. 303-306.
5. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop, MoMLeT and DS 2021, CEUR Workshop Proceedings 2917, Lviv-Shatsk, 2021*, pp. 196–206.

*Section 5.*

*Information technologies of economic and ecological assessment of projects and systems in energy and agro-industrial complex.*

Laboratory of heat energy installations,  
Corps of the Faculty of Mechanics, Power Engineering and Information Technologies  
(49M)

Head of the section: Vitaliy Boyarchuk

Secretary: Taras Stanytskyi

## FORMATION OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN UKRAINE

*S.Kolach, Associate Professor of the Department of Economics of LNEU, Z. Myronchuk Associate Professor of the Department of Economics of LNEU, Y. Perih, graduate student of LNEU*

Annotation. The activities of agricultural enterprises in modern conditions require the achievement of high results of their functioning, and only in the case of finding new forms of production organization, manufacturing and introduction of new types of products, development of new sales markets for goods and services, the desired results can be achieved.

Key words : economic potential, resource potential, innovation potential, agricultural enterprises.

The main factor in the formation of the economic potential of agricultural enterprises is the available innovative potential, which enables the enterprise to achieve its goals, namely: to reduce production costs, increase profit, and generally expand its activities and gain a foothold in the competitive market.

Formation of the economic potential of agricultural enterprises in Ukraine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• the economic policy of all levels should be directed to the realization of the existing opportunities of the country's technical, economic, and intellectual potentia</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• focus on promising areas of innovative development</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formation of innovative infrastructure;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• development and implementation of regional innovative programs;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• improvement of the system of financing and stimulation of scientific activity in the agricultural direction;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• financial support for young aspiring entrepreneurs and the development of various forms of innovative entrepreneurship</li> </ul>

Fig. 1. Directions of formation of the economic potential of agricultural enterprises in Ukraine.

The use of own energy resources, which are a key factor in the development of the economy of each country, is extremely important for the growth of the economic potential of agricultural enterprises. Agriculture of Ukraine is an industry with high energy intensity of products, which reduces its competitiveness. According to T. L. Babynets, 0.89 kg of U.P. is spent on 1 kg of agricultural products, while in the EU countries - 0.34 [1]. Therefore, in order to improve the

activity of agricultural enterprises, it is necessary to reduce the level of consumption of energy resources to the average global level by introducing various innovative projects. Great experience can be gained in economically developed countries regarding their introduction and implementation by agricultural producers.

Large reserves in the formation of the economic potential of agricultural enterprises are concentrated in the use of resource-saving technologies (minimum tillage, use of wide-engraving equipment, precision farming, etc.). Their introduction in the agricultural sector allows you to significantly reduce fuel consumption and, as a result, reduce the cost of production.

Scientific studies and practice show that the use of minimal tillage allows to reduce the energy consumption of products by 20...30%. Work in this direction has been intensively carried out since the middle of the 20th century. Soil cultivation without plowing (zero tillage or No-Till technology) allows you to reduce production costs (time, fuel and lubricants, fertilizers, etc.), achieve a low production cost and, therefore, increase profitability. The advantages of this farming system are as follows: the fleet of necessary equipment is reduced by 90% and, as a result, depreciation costs; 70% less fuel and lubricants are used; 50% reduction in cultivation time; real saving of fertilizers – up to 30%. In the USA, 23% of sown areas are cultivated under this system, in Brazil - up to 60%. The Agro-Soyuz corporation, Dnipropetrovsk region, has experience in using this technology in the conditions of Ukraine. However, in order to implement this technology, it is necessary to work for 10 years on crop rotation, to get rid of weeds, pests, etc. It is also worth understanding that for powerful equipment with high productivity, considerable sown areas are required [2].

A special and important factor influencing the economic potential of the agro-industrial complex is the implementation of an ecologically oriented strategy of socio-economic development and the mobilization of the scientific, technical and economic potential of the state to overcome the ecological crisis and restore the economy of Ukraine after the war in general. Therefore, the basis for safe and effective functioning of the country is rational, ecologically balanced nature management. The new strategy for the development of the agricultural sector should be based on the following principles: a rational combination of market and state mechanisms for regulating nature use and environmental relations, an optimal combination of sectoral and territorial management of nature use, resolution of resource and environmental problems by local authorities [3].

It should be emphasized that resource potential is not just a collection of resources, it is a system, a complex concept, since all resources are closely interconnected and interact. [1, p. 74]. The resource potential is also characterized by the ability of business entities to use it in a certain amount and of the appropriate quality of the available resources with the appropriate limitations of the internal and external environment.

Thus, the resource potential of agricultural enterprises determines their ability to conduct agricultural production, determines the competitiveness of agricultural products, creates conditions for the employment of the rural population, which is

important, affects the food supply of the country's population. The formation of a balanced resource potential of agricultural enterprises should be carried out on a comprehensive basis, taking into account the influence of regional natural and climatic features, natural assimilation, and should also contribute to the improvement of agricultural systems. At the same time, the implementation of strategies for the formation and use of the resource potential of agrarian enterprises should be based on the activation of measures to green production in order to reduce the negative anthropogenic and technogenic impact on agrosystems.

References:

1. Babinets T.L. Expediency of using resource-saving technologies in Ukraine. T.L. Babynets. *Agroinkom*. -2007. - #11-12. - P.31-37.
2. All-Ukrainian "Field Day - 2006" - all-round education for agribusiness specialists. *Agrobusiness today*. 2006. No. 17(100). P.5.
3. Ulyanchenko O.V. Management of resource potential in the agricultural sector: autoref. thesis for obtaining sciences. doctor's degree economy Sciences: specialist 08.00.03 "Economics and management of the national economy" / O.V. Ulyanchenko. K., 2008. 38 p.

## ACCOUNTING CONSULTING IN THE IT-SPHERE AND ITS IMPACT ON THE EFFICIENCY OF THE ENTERPRISE

*Z.P. Myronchuk, PhD in Economics, Lviv National  
University of Environmental Management*

*N.E. Tsitska, PhD in Economics, Lviv National  
Lviv National University of Environmental Management*

*S.M. Kolach, PhD in Economics, Lviv National  
University of Environmental Management*

*Y.A. Perig postgraduate student, Lviv National  
University of Environmental Management*

The purpose of this scientific article is to systematically consider the essence and prospects of accounting consulting development in the context of enterprise management in the IT-sphere. In particular, the study is aimed at identifying the theoretical foundations and practical aspects of accounting consulting, analyzing the impact of its application on the financial stability and efficiency of the enterprise, as well as forecasting trends in its further development. The forecast is related to the fact that in the future, accounting consulting in the IT sphere will continue to integrate modern technologies, focus on analytics and strategic management.

**Keywords:** accounting, consulting, IT technologies, management, digitalization, automation.

The current state of the economy encourages the development of IT technologies based on the organization of remote forms, which provides accounting and reporting, information support for enterprise management.

IT consulting is becoming an increasingly popular type of consulting service. It helps companies to implement and use information technology to optimize business processes. During this service, experts give recommendations on the creation, implementation and development of internal corporate IT systems. In some cases, they also develop such complexes from scratch or offer ready-made solutions based on current goals, objectives, problems, and business specialization. These include customer relationship management systems (CRM), enterprise resource planning systems (ERP), collaboration software (Groupware systems), network information systems (NIS systems), and much more. In addition, IT consulting includes IT audit: a set of measures to assess the level of automation of business processes in a company.

Domestic enterprises are rapidly restructuring their accounting digitalization system. The high rate of introduction of new forms of informatization intensifies competition between enterprises and dictates certain requirements for management efficiency to market participants. In such a situation, we can confidently predict the development of effective demand for consulting services in the field of accounting and taxation.

Accounting consulting is an integral part of modern enterprise management, which aims to provide qualified financial, accounting and analytical

support to governing bodies and management. This process includes analysis, recommendations and implementation of effective accounting and financial management strategies.

In Ukraine, a significant share of the demand for management information consulting falls on development projects for small and medium-sized enterprises operating in various sectors of the economy. Many such projects cannot be implemented by in-house accountants whose experience and qualifications in organizing remote accounting work are insufficient, and external specialists are therefore involved.

In our opinion, there are basic principles and methods of accounting consulting in the IT sector and their application to improve the efficiency of the company.

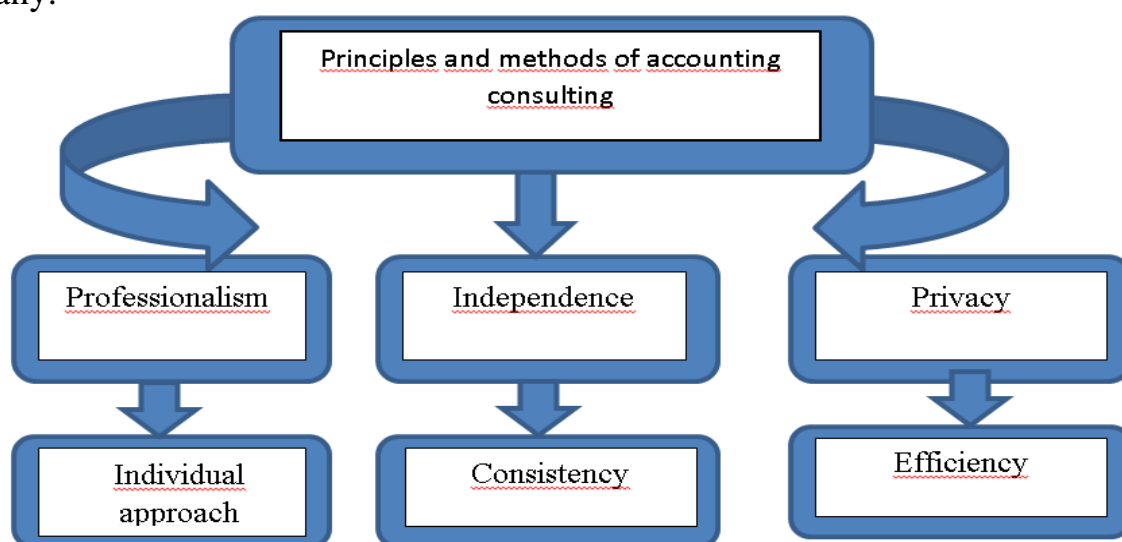


Fig. 1 Basic principles and methods of accounting consulting in the IT sphere and for the efficiency of the enterprise

The development of accounting consulting in the IT sector is a prerequisite for effective financial management and achievement of strategic goals of the enterprise. Understanding of the specific features of this industry and the ability to work with modern technologies determine the success of an accounting consultant in the IT sector.

#### **Bibliographic list**

1. Matiukha M. M. Consulting of the organization of accounting in the conditions of remote forms of staff work / M. M. Matiukha // Accounting and analytical support for the management of business processes of the enterprise: collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference, Kherson, Kherson State Agrarian and Economic University, November 24-25, 2021: Book publishing house of V. S. Vyshemyrskyi, 2021. - P. 84-86.

2. Zhang, Q., Liu, M. (2021). "Accounting Consulting in the Era of Globalization". International Journal of Accounting Studies, 28(4), 112-129.

3. Smith, J. (2020). "Role of Accounting Consultant in Strategic Planning". Journal of Financial Strategy, 25(3), 67-84.

## **Забезпечення продовольчої безпеки держави на базі доробку фізіократичної економіко-філософської думки**

*О.Р. Василина, к.е.н., доцент ЛНУП*

*Н.Б. Зеліско к.е.н., доцент ЛНУП*

*С.М. Колач, к.е.н., доцент ЛНУП*

*Ю.А. Періг, аспірант ЛНУП*

In the article we analysed world philosophical-view and economic aspects of scientific inheritance of representatives of Ukrainian science. Actuality of studies of fiziokrativ consists in the decision of food problem of the state. Ukrainian school of physical economy develops scientific thought which provides the output of Ukraine and world on the way of progress.

Key words: food safety, physical economy, fiziokraty, food, welfare.

Світоглядні, економічні, екологічні, соціальні, демографічні та інші виклики, з якими зіштовхнулося світове співтовариство, сьогодні перетворюються на глобальні загрози. Домінуючими стають ті, що зумовлені вадами господарювання, нищівним руйнуванням навколишнього природного середовища, нездатністю хоча б мінімально забезпечити рівень та якість життя для кожного третього мешканця планети. Цивілізація перебуває у стані глибокої системної кризи, яка охопила соціальні, демографічні, економічні й екологічні аспекти.

Українська школа фізичної економії запропонувала оригінальне вирішення продовольчої проблеми, в основу якого було покладено енергію Сонця й космічних сил, що надходять до планети Земля. Раціонально побудована праця людини в сільському господарстві, технічно та технологічно підсилена, повинна сприяти зростанню цієї енергії. Новітня фізична економія досліджує економічні явища і процеси у тісному взаємозв'язку з енергетично-речовинними та біоінформаційними потоками, що надходять з Космосу. Це дає змогу знайти пізнавальну основу для просторового моделювання збереження біомаси живої речовини в процесі господарської діяльності. [1]. Первинною ланкою у накопиченні такої енергії ними визнається земля та рослини.

Впевнено можна стверджувати, що вирішити продовольчу проблему потрібно на засадах фізичної економії та концепції сталого розвитку. Головними ресурсами для її розв'язання, за М. Руденком, є п'ять абсолютних благ – земля, зерно, солома, худоба, гній.

Досягнення продовольчої безпеки у XXI столітті – це титанічне завдання.

Погіршення фінансового стану агропромислових підприємств, нестача фінансових ресурсів, неможливість використання сучасних технологій і техніки, низька рентабельність діяльності свідчать про наявність проблем, які створюють загрозу продовольчій безпеці та продовольчій незалежності України [4].



Неординарна постать М. Руденка, і його праці «Енергія прогресу», «Гносис і сучасність» потребують глибшого вивчення, мають широко пропагуватися серед управлінців, науковців і студентів. [3]. Його праці – це якісно нове слово в сучасному осмисленні теорії і практики еволюційного розвитку людства, оскільки з'явилися внаслідок інтегрування знань з багатьох галузей життя і дають ключ до майбутнього жителів планети, наляканим загрозами глобалізації. Розуміння зерна як найважливішого з абсолютних благ відкриває бачення шляхів принципово нового вирішення монетарних проблем. Якщо еталоном вартості зробити 1 т або 1 ц пшениці – «сотні мільйонів земель були б врятовані від голодної смерті», – переконливо стверджував М. Руденко [4].

Місією України є не тільки входження у світовий науковий простір на базі доробку фізіократичної економіко-філософської думки С. Подолинського, В. Вернадського, М. Руденка, а передусім, становлення новітніх фундаментальних досліджень розвитку, багатства та цінностей на противагу руйнівному, віртуально-фінансовому та технократичному глобалізму.

Вітчизняні наукові інституції спроможні ініціювати принципово нові фундаментальні та прикладні дослідження, новаторські прогнози, піонерні видавничі проекти, конгреси, конференції, семінари та інші заходи, покликані активізувати оновлення мислення, господарювання та урядування.

Основною метою аграрних реформ та їх результативністю з позиції сталого розвитку є збільшення виробництва й надлишку зерна як найважливішого з абсолютних благ у світі. Нарощування зерновиробництва – основа реалізації глобальної місії України. Державницька політика щодо надлишку зерна має призводити не до падіння внутрішніх цін на зерно, а до розквіту аграрно-продовольчої сфери, фінансово-грошової стабільності, енергетичної незалежності та світового лідерства. Власне представники школи фізичної економії розвивають ту царину наукової думки, дотримання критеріїв якої забезпечує вихід України і світу на шлях прогресу.

### **Бібліографічний список**

1. Наконечний Р. А. Реалізація принципів фізичної економії в органічному землеробстві: теорія та практика / Р. А. Наконечний, А. Д. Копитко, І. Н. Сас // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. - 2015. - № 4. - С. 34-38. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vddau\\_2015\\_4\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vddau_2015_4_8).

2. Олійник Т. Микола Руденко знав, як врятувати людство. Українська газета плюс. 2008. 17 – 23 квіт.

3. Руденко М. Глобалізація і Україна. Дзеркало тижня. 2002. 13 лип.

4. Шевчук В. О. Аграрне виробництво як освоєння біосфери: традиції і трансформації. Організаційно-економічні трансформації в аграрному виробництві : зб. матеріалів Дванадцятих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників, Київ, 25-26 лютого 2010 р. / редкол. : П. Т. Саблук та ін. К. : ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2010. 618 с.

# ANALYSIS AND MODELING OF ECONOMIC EFFICIENCY IN IMPLEMENTING SOLAR ENERGY SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

*S. Syrotyuk, PhD, H. Syrotyuk, PhD, K. Yankovska, PhD, Lviv National Environmental University*

*J. Gielżecki, PhD, T. Jakubowski, DSc, Agricultural University of Kraków, Poland*

**Abstract:** This paper examines the current challenges faced by modern agro-industrial complexes in the fields of energy and sustainable development. The feasibility of transitioning to alternative energy sources, particularly solar energy, is highlighted as it can enhance efficiency and reduce environmental impact in the agro-industrial sector. The advantages of implementing solar energy systems are discussed, and an analysis and modeling of their economic efficiency in agriculture are conducted.

**Keywords:** solar energy systems, sustainable development, economic efficiency, modeling.

Modern agro-industrial complexes are facing unprecedented challenges in the fields of energy and sustainable development. Rising electricity costs, reduced accessibility to traditional energy sources, and increasing environmental issues demand the utilization of alternative energy sources. Solar energy has become one of the key alternatives for the agro-industrial sector, which can contribute to increased efficiency and reduced negative environmental impact.

Solar energy systems are technologies that utilize solar energy to generate electricity. They include solar panels that convert solar radiation into electrical energy and storage systems that allow the accumulation of energy for use during nighttime or periods when the sun is not shining.

The analysis of the economic feasibility of implementing solar energy systems in the agro-industrial complex involves calculating investment costs, operational expenses, revenues from surplus energy sales, and energy savings during the system's operational lifespan. Various economic models and forecasting programs can be used for this purpose.

The economic analysis of implementing solar energy systems in the agro-industrial complex can be broken down into three stages:

1. Estimation of implementation costs of solar energy systems, including expenses for the acquisition and installation of solar panels, inverters, storage systems, as well as engineering work and permitting documentation. It is also crucial to consider maintenance and repair costs during the system's operation.

2. Assessment of economic benefits. Solar energy systems allow for a reduction in electricity expenses, which is a primary argument in favor of their implementation. Additionally, many countries offer programs and incentives for agricultural enterprises using solar energy systems, such as subsidies or tax incentives.

3. Modeling the economic efficiency of implementing solar energy systems. Various financial models are used to account for expenses, revenues, and other factors. These models help calculate the payback period and overall profitability of the investments.

It is also essential to consider the issue of energy supply stability. Solar energy systems enable enterprises to become less dependent on fluctuating electricity prices and provide a stable source of energy, which can be crucial in times of energy resource market fluctuations.

One of the main advantages of using solar energy systems is the reduction in electricity expenses. Agricultural enterprises spend significant amounts on electricity for lighting, heating, and other needs. Installing solar panels allows them to generate their own electricity and reduce their reliance on external suppliers.

Solar energy systems can generate more electricity than businesses need. Excess energy can be sold on the local market or fed back into the grid. This opens up a new source of income for agro-industrial enterprises, especially during seasons of low electricity consumption. This is possible when implementing mechanisms like Net Metering or Net Billing as an alternative to or in addition to the “green” tariff.

The calculation of the economic feasibility of implementing solar energy systems in the agro-industrial complex involves a series of steps and considers specific factors, including:

- Determining the costs of installing solar energy systems.
- Determining the capacity and productivity of solar panels.
- Assessing energy savings through the use of solar energy systems.
- Determining maintenance and support costs for solar energy systems.
- Accounting for financing costs or investments used to fund the project.
- Calculating income from selling generated electricity or energy savings.
- Calculating profit.
- Calculating the return on investment, indicating how many years it will take to cover costs and start generating a profit.
- Considering other factors such as taxes, inflation, and changes in electricity tariffs, which can impact the project's economic efficiency.

The implementation of solar energy systems in the agro-industrial complex can have a significant economic and environmental impact. Analyzing and modeling the economic feasibility of implementing these systems is a crucial tool for making decisions regarding investments in renewable energy.

## References

1. Тонюк М.О. Застосування комплексних сонячних установок для енергозабезпечення підприємств агропромислового комплексу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. №3. С.50-59.

2. Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В. Вибір встановленої потужності сонячної електростанції та її елементів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2017. № 1. С. 166-175.

3. Проект Закону про внесення змін до деяких Законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії генеруючими установками споживачів (номер реєстрації 9011 від 13.02.2023). URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/41360>.

4. Нотатки обговорення “Net billing – підтримка відновлюваної енергетики після “зеленого” тарифу”. URL: <https://ecoclubrivne.org/notatky-net-billing/>.

# ВІРТУАЛЬНІ ПОМІЧНИКИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

*А.М.Желєзняк, к.е.н., В.В. Пташник, к.т.н.,*

*В.Б. Смолінський, к.е.н., Падюка Р.І., к.т.н.*

*Львівський національний університет природокористування*

In today's world of innovation and high technology, agricultural businesses are constantly looking for new ways to optimize their processes. Neural networks are one of the most effective technologies available on the market today. OpenAI can play the role of a farmer's virtual assistant, helping to solve various tasks and automate work processes in agriculture.

**Keywords:** neural networks, virtual assistant, OpenAI, agriculture

Сільське господарство в багатьох країнах світу є високотехнологічною галуззю, яка розвивається з напрямку застосування інтелектуальних інформаційних систем, smart-технологій, інтернету речей, моделей обробки великих даних, штучного інтелекту тощо. 2023 рік ознаменувався масовим використанням потужних мовних моделей, таких як ChatGPT, у різних прикладних сферах. Метою даного дослідження є виявлення перспектив застосування OpenAI у формі віртуальних помічників для прийняття рішень в сільському господарстві.

Сільське господарство на сьогодні стикається з різноманітними викликами, які впливають на бізнес-процеси господарської діяльності. До основних з них можна віднести: зміни клімату, дефіцит ресурсів, коливання та нестабільності на ринках, нестача робочої сили. Аграрний бізнес в Україні зазнає впливу набагато більших чинників, пов'язаних із військовою агресією, мінуванням та забрудненням полів, втратою людських, матеріальних та фінансових ресурсів, руйнуванням логістичних маршрутів тощо. Подолання цих викликів можливе завдяки впровадженню прогресивних технологій, зокрема таких як системи точного землеробства, ефективне управління ресурсами, впровадження успішних практик сталого розвитку, застосування можливостей штучного інтелекту для обробки даних та прийняття рішень.

Проаналізувавши світові практики застосування генеративного штучного інтелекту в сільському господарстві, серед найбільш популярних рішень можна виділити наступні:

1). Штучний інтелект для навчання в сільському господарстві. Прикладом даного рішення є Farmer.CHAT, який фактично є консультаційною службою для фермерів на основі штучного інтелекту, поєднуючи органи управління та фермерів для спілкування в реальному часі. Рекомендації Farmer.CHAT можуть використовуватися в рослинництві для оптимізації процесів, зменшення відходів і підвищення врожайності.

2) Штучний інтелект для підтримки рішень та досліджень в сільському господарстві. Ресурс на основі штучного інтелекту Semantic Scholar може бути

корисним як для фермерів, так і для дослідників, які прагнуть швидкого доступу до нових наукових знань.

3) Штучний інтелект для власників аграрного бізнесу. Наприклад автоматизоване рішення зі штучним інтелектом Yooz може допомагати керівникам, бухгалтерам та фінансистам керувати рахунками-фактурами.

Однією з ефективних форм використання штучного інтелекту для аграрних виробників, особливо в Україні, є застосування інтелектуальних віртуальних помічників (наприклад віртуальний помічник agri1). Формування баз даних та знань на основі вирішення нетипових ситуацій в аграрному секторі фронтових та прифронтових регіонах може позитивно вплинути на процеси прийняття рішень та подолання викликів.

На сьогодні є різні трактування поняття «інтелектуальний віртуальний помічник», більшість з яких передбачає використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання, генерацію персоналізованих відповідей на основі попередніх даних, результатів навчання, баз даних та знань.

Проаналізувавши існуючі практики, виділимо перспективні напрями використання інтелектуальних віртуальних помічників для невеликих фермерських господарств:

- 1) аналіз великих обсягів даних про метеоумови, стан ґрунту та фази росту сільськогосподарських культур;
- 2) формування автоматизованих звітів та прогнозних показників;
- 3) виявлення закономірностей даних, виявлення потенційних проблем (хвороби тварин, рослин, появу шкідників);
- 4) оптимізація систем поливу;
- 5) оптимізація кормових раціонів тварин.

Застосування новітніх інформаційних технологій на основі нейронних мереж, у т.ч. і у формі віртуальних помічників для фермерів покращить процес прийняття ефективних управлінських рішень у перспективі. Водночас запровадження даної технології залежатиме і від ряду чинників: наявності швидкісного інтернету, якісних даних та знань для навчання мережі, готовності менеджменту та персоналу сільськогосподарського підприємства впроваджувати технології на основі штучного інтелекту у практику.

#### Бібліографічний список

1. ChatGPT and Agriculture: Optimizing Crop Yields and Efficiency. URL: <https://aicontentfy.com/en/blog/chatgpt-and-agriculture-optimizing-crop-yields-and-efficiency> (дата звернення: 05.09.2023).
2. Shane T. ChatGPT Implications for Agriculture. URL: <https://www.upstream.ag/p/chatgpt-implications-for-agriculture> (дата звернення: 30.08.2023).
3. Biswas S. Importance of chat GPT in Agriculture: According to chat GPT. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4405391> (дата звернення: 06.09.2023).
4. Harshini. 5 Ways ChatGPT Will Transform Agriculture. URL: <https://www.analyticsinsight.net/5-ways-chatgpt-will-transform-agriculture/> (дата звернення 15.08.2023).

# APPLICATION PRODUCTION FUZZY LOGIC RUE BASE FOR ASSESSING THE MARKET VALUE OF AGRICULTURAL LANDS

*S. Kovalyshyn, PhD, Oleg Kovalyshyn, PhD, Oleksandra Kovalyshyn, Professor, Vitaliy Vlasovets, Professor  
Lviv National Environmental University*

The authors of the article proposed and justified the possibility of applying fuzzy logic theory to perform the tasks of determining of the market value of agricultural lands. Those tasks are of multi-criteria character as multiple factors are taken into consideration during land value valuation process. The research identifies 17 criteria (linguistic variables) that characterize the estimated land plot in terms of its soil cover fertility, location, shape, topography, engineering facilities, various types of pollution, intended kind of use, etc. Applying those criteria, the authors had set the rules of fuzzy logic to determine the market value of agricultural land, which are based on the "IF ..., THEN ..." scheme. That database is founded on the experience and knowledge of certified land valuation experts.

**Key words:** fuzzy logic, linguistic variables, criteria, agricultural land, market value.

The key aspects of introduction of the agricultural land market expect development of the methodic approaches, which would describe the procedure of calculations of their market value. Calculation of the value of a land plot is a multi-target problem, which requires a set of indices for its solution. The indices should supply the most complete description of its current state and use conditions. Many of those indices cannot be expressed by a definite figure, some of them are determined by the impact of ambiguity and the human factor, whereas others are characterized by incomplete initial data.

The article substantiates expediency of use of fuzzy logic theory to perform the tasks of determining of the market value of agricultural lands. Those tasks are of multi-criteria character as multiple factors are taken into consideration during land value evaluation process. The research identifies 17 criteria (linguistic variables) that characterize the estimated land plot in terms of its soil cover fertility, location, shape, topography, engineering facilities, various types of pollution, intended use, etc. The obtained variable, i.e. value of a land plot, gets the assessment: extremely low (EL), low (L), low medium (LM), medium (M), high medium (HM), high (H), very high (VH), basing on the universal set (0-1). A permissible step of each parameter change is determined as from two to five linguistic terms. It secures a detailed consideration and analysis of the effect of the factors, making a greater or smaller impact. However, the more criteria (linguistic variables) are set for characteristics of the assessed land plot, the more accurate assessment of its market price is.

Using the data the authors of the research has developed a base of fuzzy logic rules for a definite problem of investigation. That base includes a set of "IF ..., THEN ..." rules, and is shaped on the ground of the experience and knowledge of certified experts of land assessment. In the progress of the base formation, it was enabled to adapt the base to possible changes, like fertility, degree of pollution, level of engineering facilities of some land plots, and to the forms of ownership, kind of intended use, etc.

In the present case, the Mamdani's inference is executed on the base of rules demonstrating experience and comprehension of the cause and effect relations between an input and output parameter of the studied system of the certified experts of land assessment.

A general scheme of the system of fuzzy logic inference of the integral assessment of a land plot is demonstrated at the Fig. 1.

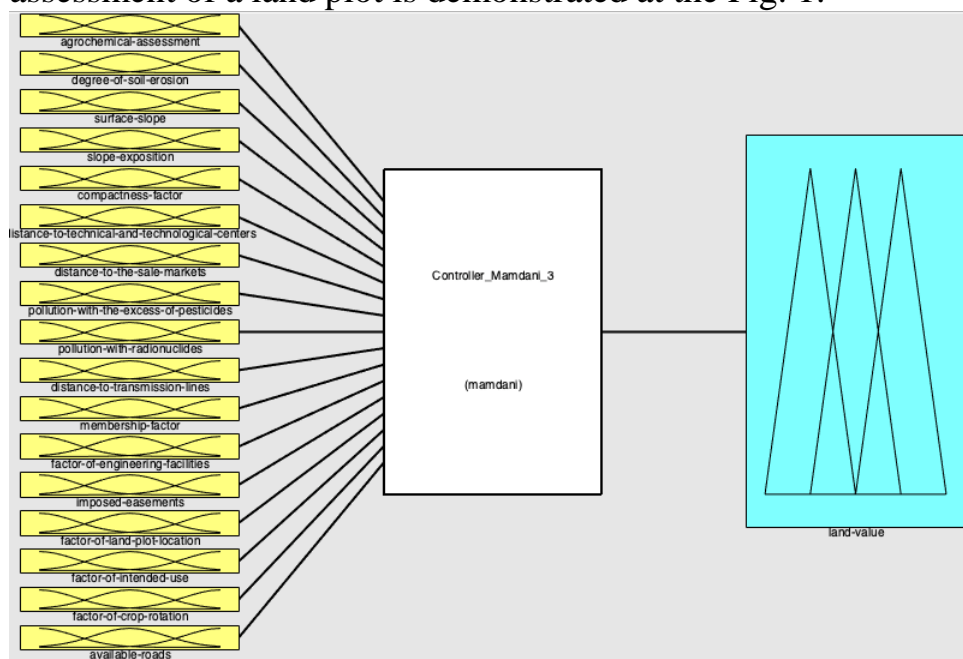


Fig. 1. General scheme of a fuzzy logic inference for the issue of assessment of the market value of agricultural lands

Processing of the rules and performance of the operations with fuzzy sets supply multi-criterial assessment of a definite land plot, expressed by the figure  $\lambda = 0 \dots 1$ . Considering the value of a reference land plot, which is characterized by the best indices within a natural-economic area of its location, one can assess its actual market value :

$$V_{\text{mark}} = V_{\text{samp}} \lambda,$$

where  $V_{\text{mark}}$  – is a market value of the assessed land plot;

$V_{\text{samp}}$  – is a value of the reference land plot;

$\lambda$  – is a share of the market value of the szacowanej land plot in the value of a reference land plot.

**Conclusions.** The market value of land plots, which is calculated with application of the methods of fuzzy logic, supplies a base for further use of the obtained data in the processes, which are directly connected with their turnover, i.e. while they are sold at the auction, value of pawn in a land bank, and primarily, for assessment of the value in the process of completing of purchase and sale acts, as the start price for negotiation.

## REFERENCES

1. Zavadskas, E., Turskis, Z. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and economic development of economy*. 2011. Volume 17. Issue 2. 397-427.

2. Renigier-Biłozor M., Janowski A. d'Amato. Automated valuation model based on fuzzy and rough set theory for real estate market with insufficient source data. 2019.Vol 78. 104-115.

3. Renigier-Biłozor, M. Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych do masowej wyceny nieruchomości na małych rynkach (eng. Application of rough set theory to mass appraisal on small markets). *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum*. 2008.7 (3). 35-51.

4. Żróbek-Różańska, A.; Zielińska-Szczepkowska, J. National land use policy against the misuse of the agricultural land – causes and effects. Evidence from Poland. *Sustainability*. 2019. 1. 6403.

5. Renigier-Biłozor, M., Żróbek, S., Walacik, M. Modern Technologies in the real estate market – opponents vs. Proponents of their use: does new category of value solve the problem? *Sustainability*. 2022. 14(20). 13403

6. Nguyen T.H., Nguyen V.P., Nguyen D.T. A new hybrid Pythagorean fuzzy AHP and COCOSO MCDM based approach by adopting artificial intelligence technologies. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*. 2022.11.07.



***Section 6.***  
***Digital transformation.***

Laboratory of computer-integrated technologies,  
Corps of the Faculty of Mechanics, Power Engineering and Information Technologies  
(55M)  
Head of the section: Anatoliy Tryguba  
Secretary: Pavlo Lub

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА ПІДСТАВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗШОВНОГО WI-FI.

*Падюка Р.І., к.т.н., А.М. Тригуба, д.т.н., П.М. Луб, к.т.н.,  
Пташник В.В., к.т.н.*

Львівський національний університет природокористування

*Abstract.* Improving the efficiency of computer networks with the help of seamless Wi-Fi can be achieved by implementing a number of strategies and technologies. Strategies include, first of all, the optimal location of routers and access points, the use of a multi-band network or routers that support different bands. Routers with support for beamforming technology, which directs the Wi-Fi signal directly to connected devices, allow you to improve signal quality and data transfer speed. Increasing the efficiency of WI-FI computer networks also ensures the use of network monitoring and management software, which allows you to monitor its performance and respond to possible problems in the network infrastructure.

*Keywords:* Computer network, seamless Wi-Fi, technologies, increasing efficiency.

Підвищення ефективності комп'ютерних мереж за допомогою безшовного Wi-Fi можна досягти шляхом впровадження ряду стратегій і технологій.

Серед стратегій можна виділити, насамперед, оптимальне розташування маршрутизаторів та точок доступу (AP), що полягає у розташуванні маршрутизаторів та AP в центрі приміщень і в місцях, де найчастіше використовуються бездротові пристрої. Це допомагає забезпечити рівномірний розподіл сигналу.

Використання багатодіапазонної мережі (Dual-Band або Tri-Band) або маршрутизаторів, які підтримують різні діапазони (2,4 ГГц та 5 ГГц) дозволяє підключати старі та нові пристрої до відповідного діапазону, зменшуючи перевантаження мережі і ресурсів маршрутизатора. Ручне налаштування каналів Wi-Fi дозволяє уникнути перекриття сусідніх мереж. Деякі маршрутизатори мають функцію автоматичного вибору оптимального каналу [2].

Маршрутизатори з підтримкою технології бімформінгу, яка спрямовує сигнал Wi-Fi безпосередньо до підключених пристроїв дозволяють покращити якість сигналу та швидкість передачі даних, а пристрої з підтримкою технології MIMO та MU-MIMO дають можливість обробляти одночасно більше пристроїв і забезпечувати кращу ефективність функціонування мережі.

Також покращити ефективність мережі сприяє використання технологій QoS (Quality of Service), яка полягає у наданні пріоритету певному типу трафіку (наприклад, стрімінгу відео або VoIP), забезпечуючи кращу якість обслуговування для цих додатків.

Підвищення ефективності функціонування комп'ютерних мереж WI-FI також забезпечує використання програмного забезпечення для моніторингу та управління мережею, які дають змогу відстежувати її продуктивність і реагувати на можливі проблеми

Для створення безшовної Wi-Fi роумінгу зараз найчастіше використовують два основних варіанти: Безшовний Wi-Fi без контролера (Рис. 1.). Це доступніше рішення, але при переході клієнтського пристрою між різними джерелами сигналу можливі певні затримки по потужності.

Сенс такої організації мережі в тому, що кожна AP бере участь у зв'язку, виконує функції контролера у своїй зоні відповідальності або намагається це зробити. Сусідні точки проходять спеціальне опитування, якщо виявляється, що рівень сигналу занадто низький.



Рис. 1 Реалізація безшовного Wi-Fi без контролера на базі маршрутизаторів Mikrotik [1].

Безшовний Wi-Fi з контролером, де контролери можуть відповідати за управління або за конфігурацію. В останньому випадку мова йде про різновиди спеціальної програми, що виконує налаштування для точок доступу. Тому вона більшість клієнтів не цікавить. Контролер керування має вигляд окремого пристрою, здатного виконувати відразу кілька функцій.

#### Список літератури

1. Технології та обладнання для безшовного WI-FI [Електронний ресурс] - <https://texnogid.biz.ua/wi-fi/bezshovnyj-wi-fi.html>
2. 1. Аналіз роботи Mesh технологій [Електронний ресурс] - [http://www.dut.edu.ua/uploads/p\\_421\\_42783021.pdf](http://www.dut.edu.ua/uploads/p_421_42783021.pdf)

## ВИКОРИСТАННЯ CLOUD NATIVE І KUBERNETES У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

*В. Б. Смолінський, к.е.н., А. М. Желєзняк, к.е.н., В. В. Пташник, к.т.н.,  
Львівський національний університет природокористування*

*І. Є. Іваницький, к.е.н., Львівський національний університет ветеринарної  
медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького*

*Abstract.* Features of the application of cloud technologies and Kubernetes in agriculture are presented. The advantages and disadvantages of using cloud technologies and Kubernetes in agriculture are presented. The ability to use the Rafay Systems and Kubecost tools for managing Kubernetes has been expanded. It is emphasized that cloud technologies and Kubernetes are promising information support in agriculture.

*Keywords:* cloud technologies, Kubernetes, Cloud Native, agriculture, data array, farmers, agribusiness, Rafay Systems, Kubecost

Сільськогосподарська галузь переживає цифрову трансформацію, використовуючи нові технології для підвищення своєї ефективності. Однією з ключових технологій, що сприяє цій трансформації, є хмарні технології і Kubernetes, що дозволяє агробізнесу створювати та розгортати програми, які можуть покращити їхню роботу та надавати нові послуги клієнтам.

Слід відмітити, що майбутнє сільського господарства тісно пов'язане із використанням складних і громіздких обчислювальних програм, здатних працювати з великим масивом даних. Саме тут на допомогу приходить Kubernetes, який робить загальну систему більш «легкою» та забезпечує більш плавне її функціонування.

Kubernetes перекладається грецькою як «керманіч» або «пілот», і він більш відомий як K8s або Kube. Kubernetes – це платформа з відкритим кодом, тобто програмне забезпечення може використовуватися, поширюватися, вивчатися та змінюватися користувачами. Ця платформа використовується для розгортання масштабування і керування контейнерними навантаженнями та службами.

Однією з головних переваг хмарних технологій і Kubernetes у сільському господарстві є їх здатність підвищувати ефективність, прозорість, прибутковість і продуктивність діяльності. Використовуючи хмарні рішення, агробізнес може автоматизувати такі операції як збір, аналіз і керування даними. Це може допомогти їм приймати найкращі рішення та покращити загальну продуктивність. Крім того, Kubernetes дозволяє організаціям та підприємствам легко масштабувати свої програми та керувати ними.

Ще однією перевагою хмарних технологій і Kubernetes у сільському господарстві є їх здатність надавати клієнтам нові послуги та продукти. Наприклад, фермери можуть використовувати хмарні рішення для збору й аналізу даних із датчиків і дронів, щоб надавати своїм клієнтам послуги точного землеробства. Це може допомогти їм підвищити врожайність, зменшити витрати та підвищити стабільність їх діяльності. Крім того, агробізнеси можуть використовувати Kubernetes для створення та розгортання нових додатків і послуг, таких як онлайн-ринки, які можуть допомогти їм зв'язатися з клієнтами та покращити загальні продажі.

Хоча хмарні технології та Kubernetes володіють багатьма перевагами в сільськогосподарській галузі, з їх впровадженням також виникають проблеми. Однією з головних проблем є брак розуміння та досвіду цих технологій серед фермерів та агробізнесів. Через це їм може бути важко повноцінно використовувати переваги хмарних технологій і Kubernetes, а також існує велика ймовірність ускладнення впровадження цих технологій у діяльність підприємств.

Ось тут і починають працювати такі інструменти, як Rafay і Kubecost. Rafay Systems і Kubecost пропонують потужну комбінацію інструментів для керування Kubernetes і власними хмарними технологіями.

Rafay Systems надає комплексну платформу для автоматизації розгортання, масштабування та керування контейнерними додатками, що полегшує сільськогосподарським організаціям підвищення ефективності та гнучкості. Його унікальні функції та можливості допомагають сільськогосподарським організаціям випереджати конкурентів завдяки автоматизації всього життєвого циклу Kubernetes. Крім того, його розширені можливості моніторингу та контролю дозволяють організаціям відстежувати свої додатки та швидко й ефективно усувати будь-які проблеми.

З іншого боку, Kubecost пропонує рішення для управління витратами для кластерів Kubernetes, надаючи сільськогосподарським організаціям видимість і контроль, необхідні для оптимізації витрат на хмару. Разом ці рішення можуть допомогти сільськогосподарським організаціям оптимізувати свою діяльність, підвищити ефективність і зменшити витрати, зрештою сприяючи більшому успіху у висококонкурентній сфері, яка стрімко розвивається в сучасних умовах.

Ще однією проблемою, пов'язаною з використанням хмарних технологій і Kubernetes у сільському господарстві, є відсутність інфраструктури та зв'язку в сільській місцевості. Багато фермерів розташовані у віддалених районах з обмеженим доступом до високошвидкісного Інтернету, тому їм може бути важко повністю використати переваги хмарних технологій і Kubernetes, а також може ускладнити впровадження цих технологій у свою діяльність.

Однак ситуація покращується з появою супутникових інтернет-сервісів, які революціонізують підключення до сільської місцевості таких як Starlink від SpaceX та його конкурента британської компанії OneWeb. Ці та інші компанії працюють над вирішенням цієї проблеми, запускаючи супутники на низькій навколоземній орбіті, щоб забезпечити високошвидкісний доступ до Інтернету у віддалених районах. Завдяки таким рішенням, як низька навколоземна орбіта та розширений доступ до широкосмугового зв'язку, фермери та агробізнеси у віддалених районах можуть повністю використовувати хмарні технології та Kubernetes у своїй діяльності.

Таким чином, хмарні технології та Kubernetes є перспективним інформаційним забезпеченням у сільському господарстві для фермерів або представників агробізнесу незалежно від їх місцезнаходження, оскільки завдяки їм користувачі зможуть підвищити ефективність, продуктивність і стабільність своєї діяльності у коротко- та довгостроковому періоді часу.

# INTEGRATING INDUSTRY 4.0 DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE ERP-SYSTEMS PLATFORMS TO MANAGE AGRI-FOOD PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN

*O. P. Kopishynska<sup>1</sup>, PhD, Y. V. Utkin<sup>1</sup>, PhD,  
I. I. Sliusar<sup>1</sup>, PhD, K. Z. Makhmudov<sup>1</sup>, DSc,  
O. V. Kyrychenko<sup>2</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>Poltava State Agrarian University*

*<sup>2</sup>Poltava University of Economics and Trade*

**Abstract:** This work shows the possibilities of combining Industry 4.0 technologies with the management of production processes in territorial communities and agricultural enterprises on the cloud Enterprise Resource Planning (ERP) System's platform. The formula of interaction between ERP, AI, IoT is proposed for accounting, control of agri-food production and supply chains.

**Keywords:** Industry 4.0, ERP, Artificial intelligence, IoT, agri-food

Industry 4.0 is developing and combining automated production, data exchange and production technologies in the form of a self-regulating system with minimal human intervention in the production process [1]. One of the fundamental factors for the successful implementation of 4.0 technologies is the creation of a single space, closed systems for working with large amounts of data and their use.

It is important to note, that framework of Industry 4.0 is an evolution and continuation of Industry 3.0, and their connection and imitation are important. In this context, Enterprise Resource Planning (ERP) systems were part of 3.0 technologies, but in modern conditions, this type software will have to solve new tasks, such as data correlation and managing larger and more complex volumes of data. The broader application of modern ERP class systems consider as a necessary element of the strategy to achieve the level of technology 4.0 both for industrial enterprises and for non-manufacturing companies and organizations [2].

This project is aimed at creating a unified digital information space using a cloud ERP for managing all processes and resources of territorial communities as non-industrial enterprises in the context of building a landscape of Industry 4.0 technologies. Communities are responsible for food security and provide food supplies to their own communal institutions (schools, hospitals etc.), form a state reserve. The goal of moving towards Industry 4.0 is the implementation of digital projects to ensure sustainability, attractiveness for investments, and new concepts.

Territorial communities involve the executive committee of the city (settlement) council, utilities, and external organizations. The objective of this study is to combine the activities of all structural units of the executive committee of the territorial community and other organizations, communal enterprises, agricultural enterprises in a single information space. The composition of modern ERP systems is quite standardized and have a modular structure. Modules work as separate components and should be easily combined when interacting with the database. An ERP combines accounting, finance, supply chain, business processes, commerce,

reporting, production, and HR on a single platform. Combined, the processes, systems and data provide the analytics, acceleration and agility needed to start optimizing business processes.

We have analyzed the functionality of the most popular international and domestic ERP systems in Ukraine, as well as deployment, cost, and availability of post-project technical support. As a result, the latest version of the national cloud ERP system, Universal 9.0, was chosen for the pilot projects.

The Universal 9 ERP implements the principle of a multitier advanced architecture: the database tier, the middle tier - cloud servers, the client tier and the hardware tier. This architecture allows the system to be scaled up to most enterprises in the future, including those that plan to use special sensors to collect operational data using a combination of artificial intelligence and Internet of Things (AI + IoT) technologies. We propose a formula for modern digital data and technology infrastructure. Such an approach is quite relevant for certification of ecological and organic products (the analysis of information on the place and time of their production, storage conditions, delivery to the end consumer, etc).

The flexibility of a system such as ERP Universal allows to receive large amounts of data from systems that manage the technological processes of growing crops at agricultural enterprises. MRPII systems for managing production processes in agricultural enterprises integrates as a module of ERP.

Sensors installed on farms or other production facilities can collect data on soil conditions, fertilizer chemistry or animal feed quality for product certification purposes. In general, in addition to IoT, it is advisable to use other smart technologies to control the agri-food supply chain.

Finally, the introduction of blockchain allows for trust and quality assurance. This approach is quite relevant for the certification of ecological and organic products based on the analysis of information about the place and time of their collection (production), storage conditions and location, delivery to the end consumer, etc. In turn, comparing AI-based information about the product range (weight, fruit maturity, etc.) and market conditions will help optimize logistics processes and the efficiency of management decisions.

Further areas of research are the formation of a stack of technologies that will interact with the cloud ERP system in the future and will allow the formation of a modern software landscape based on the Industry 4.0 technology framework.

## References

1. Dyba Mykhailo, Gernego Iuliia. Challenges of Industry 4.0 in the Context of its Formation at the Global and National Levels. *Economics of Ukraine*. 2020 (6). Pp. 43–59. URL: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.06.043>.
2. Olena Kopishynska; Yurii Utkin; Hanlar Makhmudov; Olena Kalashnik; Svitlana Moroz and Mykola Somych. *Digital Transformation of Territorial Communities Based on the Cloud ERP System in the Concept of Industry 4.0*. Proceedings of the 17th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics (IMSCI 2023), September 12-15, 2023. Pp. 13–20. <https://doi.org/10.54808/IMSCI2023.01.13/>

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ЦІЛОСНОСТІ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВ

*В.В. Аксюк, В.М. Омеляненко, А.І. Рашин, Полтавський державний аграрний університет*

The definition of data integrity in the enterprise information system has been discussed. The relevance and measures to ensure data integrity and security of the information system with the MySQL DBMS have been determined. Ensuring the security of confidential data in the enterprise management system based on the MySQL DBMS requires a comprehensive approach, including authentication and authorization settings, encryption, operation logs, and regular system updates to ensure the highest level of security.

Data integrity, Enterprise information system, Security, DBMS MySQL

Забезпечення безпеки та цілісності даних в інформаційних системах підприємств є ключовим завданням в сучасному бізнесі. Це включає в себе заходи для захисту від несанкціонованого доступу до даних, вірусів та інших загроз. Окрім цього, важливо забезпечити цілісність даних, щоб уникнути їхньої втрати або їх спотворення. Цілісність даних в інформаційній системі підприємства визначається як стан, в якому дані зберігаються, передаються і обробляються відповідно до визначених правил і відсутні будь-які їх зміни, спотворення або несанкціоновані модифікації [1]. Це означає, що дані залишаються точними, недоторканими та відповідними стандартам і правилам підприємства.

Основні заходи для забезпечення цілісності даних включають:

- резервне копіювання (регулярне створення резервних копій даних допомагає відновити дані в разі їхньої втрати або пошкодження);
- встановлення прав доступу (визначення прав доступу користувачів і обмеження їхніх можливостей зміни даних);
- шифрування (використання шифрування для захисту даних від несанкціонованого доступу під час передачі);
- моніторинг і аудит (системи моніторингу і аудиту дозволяють відстежувати дії користувачів та виявляти будь-які надзвичайні або підозрілі події);
- оновлення та патчі (регулярне оновлення програмного забезпечення і встановлення оновлень безпеки допомагають захистити систему від нових загроз і вразливостей).

Забезпечення цілісності даних є критичним завданням для забезпечення безпеки та надійності інформаційних систем підприємства і попередження можливих втрат або порушень даних.

Забезпечення безпеки даних у підприємстві, яке використовує систему управління базами даних MySQL [2], є важливою складовою інформаційної безпеки. Система управління базами даних (СУБД) - це набір програм та мовних інструментів, які використовуються для створення баз даних,



забезпечення їх актуальності та зручного пошуку інформації [3]. Основні аспекти захисту даних включають аутентифікацію та авторизацію користувачів. MySQL пропонує різні методи аутентифікації, включаючи паролі, аутентифікацію на основі секретних ключів та аутентифікацію на основі пам'яті. Для підвищення безпеки кожен користувач повинен мати унікальний пароль та відповідні права доступу до бази даних.

Крім того, важливо регулярно змінювати паролі та встановлювати складні паролі з використанням різних типів символів. MySQL також надає можливість обмежувати доступ користувачів до конкретних таблиць та операцій, що дозволяє точно налаштовувати їхні права відповідно до їх обов'язків.

Крім того, важливими заходами захисту даних можуть бути шифрування та журнал операцій. MySQL підтримує TLS/SSL для шифрування даних, які передаються між клієнтом і сервером, що додає додатковий рівень безпеки. Журнал операцій може бути корисним для моніторингу та аналізу подій, які відбуваються в базі даних [3].

Важливо постійно оновлювати СУБД MySQL та встановлювати останні патчі і оновлення безпеки, щоб захистити систему від відомих уразливостей. Також рекомендується використовувати файрволи та інші засоби мережевої безпеки для захисту сервера MySQL від несанкціонованого доступу з мережі.

Отже, забезпечення безпеки конфіденційних даних у системі управління підприємством на основі СУБД MySQL вимагає комплексного підходу, включаючи налаштування аутентифікації та авторизації, шифрування, журнал операцій та регулярне оновлення системи для забезпечення максимального рівня безпеки.

### **Бібліографічний список**

1. Ларченко М. Сучасні проблеми криптографічного захисту баз даних // Технічні науки та технології, № 3(29), 2022. С. 102–113. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-3\(29\)-102-113](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-3(29)-102-113)
2. MySQL. The world's most popular open source database. URL: <https://www.mysql.com/> (дата звернення 27.09.2023)
3. Ратов Д. В. Розробка методу та програмного засобу стиснення та шифрування інформації. / International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics", # 67(1), 2023. с. 66–73. doi: 10.34229/1028-0979-2022-1-7.

***Section 7.***  
***Computer-integrated technologies and cyber-physical systems.***

Laboratory of computer-integrated technologies,  
Corps of the Faculty of Mechanics, Power Engineering and Information Technologies  
(55M)  
Head of the section: Anatoliy Tryguba  
Secretary: Pavlo Lub

## ALGORITHM FOR DETECTING STAGES OF MAIN FERMENTATION OF BEER BASED ON COMPUTER VISION

*Маляр А.В., д.т.н. проф., Національний університет «Львівська Політехніка»*

*Вігуро М.І., аспірант, Національний університет «Львівська Політехніка»*

*Місюренко В.О., к.т.н., доц. Національний університет «Львівська Політехніка»*

### **Abstract**

The article examines the current issues of beer production related to the formation of yeast foam during fermentation and substantiates the need to control the stages of fermentation to ensure the proper quality of the product. It is proposed to use computer vision technologies to identify the stages of the main fermentation. Based on the analysis of the computer vision algorithms, the K-means method is used for image clustering. The article provides a step-by-step description of the algorithm for detecting contaminated foam based on the K-means method. The described algorithm includes background removal and color segmentation using computer vision and image processing methods. The results of image segmentation in the process of detecting contaminants associated with foaming during fermentation are presented, which confirm the effectiveness of the proposed approach.

**Keywords:** computer vision, fermentation, segmentation, K-means method, identification

Виробництво пива — складний процес, який включає декілька етапів, кожен з яких має велике значення для отримання якісного напою. В статті розглядається етап основного бродіння, під час якого дріжджі перетворюють моносахариди, що містяться в суслі, на алкоголь та вуглекислий газ. Для того, щоб дріжджова піна не потрапила в молоде пиво та не забруднювала його характерним гірким смаком, пивовару кожного дня треба її видаляти з поверхні пивного сусла. При використанні відкритого чана бродіння у виробництві пива зустрічаються певні недоліки, зокрема прямий контакт сусла з навколишнім середовищем, що вимагає особливої уваги до гігієни та уміння збирати забруднену піну. Щоб уникнути проблем, пов'язаних із забрудненням пива, пропонується розробити автоматизовану систему очищення сусла, яка позбавлена вказаних недоліків.

Одним з важливих компонентів такої системи є алгоритм комп'ютерного бачення [1-2] для виявлення стадій бродіння пива та оцінки забруднень. Алгоритм базується на комплексному аналізі сигналів відеозображень та давачів, що моніторять стан сусла. Алгоритм дає змогу визначати поточну стадію бродіння, вчасно виявляти забруднення та активувати систему очищення сусла. Окрім того, алгоритм може використовуватись окремо від автоматизованої системи очищення сусла. Зокрема, для сповіщення персоналу щодо забруднення мертвими дріжджами та контролю за нештатними ситуаціями, наприклад такими, як затримка активізації дріжджів.

Розроблений алгоритм, написаний мовою програмування "Python" з використанням бібліотеки "OpenCV" [3]. Вхідними даними є зображення

поверхні пивного сусла на етапі бродіння у різних форматах JPG, JPEG, PNG, BMP, GIF, TIFF.

Алгоритм складається з наступних етапів:

1. Завантаження та підготовка зображення. Зчитується кольорове зображення з файлу розміром  $N \times K$  пікселів та конвертується в чорно-біле для подальшої обробки.

2. Видалення фону. За допомогою фільтрів (Гауса та медіанного) та операцій бінаризації та накладання маски видаляється фон з зображення, що дозволяє виокремити тільки поверхню пивного сусла.

3. Сегментація кольорів. Розділення пікселів зображення здійснюється на три кольорові кластери: зелений, коричневий та білий, які є характерними кольорами ознак бродіння. Така кількість кластерів визначена на основі попередніх знань експертів у галузі. Для кластеризації зображень застосовано метод  $k$ -середніх [4]. Він є ітеративним методом, який ефективно працює з великими масивами даних. Завдяки цій якості метод  $k$ -середніх підходить для обробки зображень в реальному часі, що є важливим фактором у виробничому середовищі.

4. Вивід результатів. Обчислюється відношення площі коричневих пікселів до загальної площі поверхні сусла, тобто відсоток площі забрудненої піни. Сегментоване зображення виводиться на екран, а значення (відсоток) забруднення піни подається в програмований логічний контролер.

Подальші дії автоматизованої системи очищення сусла залежать від того, який є відсоток забрудненої піни.

Цей алгоритм допомагає автоматизувати процес очищення сусла та аналізу площі забруднення, що знижує ризик забруднення пива дріжджовою піною та покращує якість виробництва пива.

Алгоритм виявлення стадій бродіння пива, який представлений у цій статті, може сприяти підвищенню якості та надійності виробництва пива, а також слугувати основою для подальших досліджень та вдосконалення системи контролю виробництва пива.

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp.779-788. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>
2. Liu, X., Deng, Z. & Yang, Y. (2019) Recent progress in semantic image segmentation. *Artif Intell Rev* 52, pp.1089–1106. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9641-3>.
3. Kaehler, A., & Bradski, G. (2016). *Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library*. Publisher: O'Reilly Media, Inc., 1024 p.
4. Malav, Amita & Kadam, Kalyani & Kamat, Pooja. (2017). Prediction of heart disease using  $k$ -means and artificial neural network as hybrid approach to improve accuracy. *International Journal of Engineering and Technology*, v.9. pp.3081-3085. <https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i4/170904101>.

## INTELIGENTNA KONSERWACJA SYSTEMÓW CYBERFIZYCZNYCH

**O.V. Lysa, k.t.n., docent, Lwowski Narodowy Uniwersytet Zarządzania Przyrodą**  
**A.-V.V. Mityk, Ph. D., senior front-end developer «N-IX» Ltd**  
**N.I. Mikhalyuk, k.e.n., docent, Lwowski Narodowy Uniwersytet Zarządzania**  
**Przyrodą**

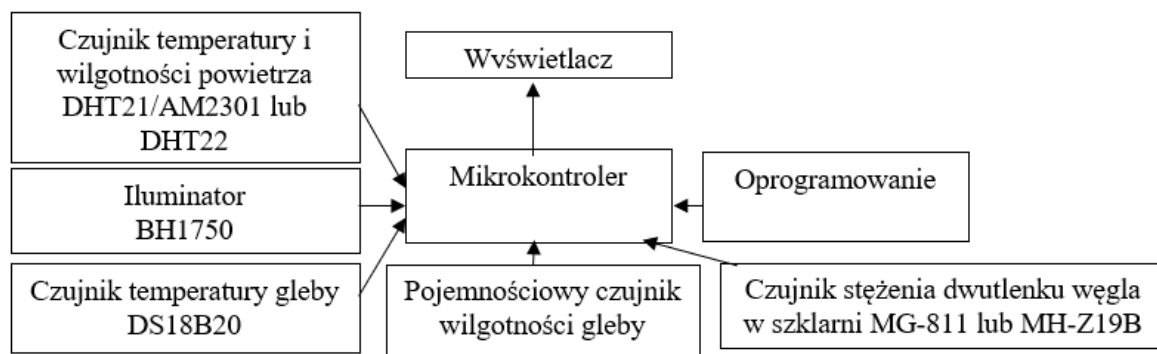
The use of intelligent technologies and analytics to improve the efficiency and reliability of greenhouse maintenance is considered. Greenhouses are considered as systems that combine physical and cybernetic components that interact with each other. Here, in systems, physical objects (sensors, equipment) are connected with a cybernetic component, which includes data processing, analytics and decision-making based on this data. Remote administration of a number of greenhouses is provided. For this purpose, software has been developed and a user interface is provided. The system includes communication between network nodes with ZigBee technology, the use of a web server at the main station of the network, MySQL and the Internet for user access to the network.

**Keywords:** cyber-physical systems, passive greenhouse, remote administration, hardware, intelligent technologies.

Rosnące ceny energii stymulują jej ekonomiczne wykorzystanie. Obiekty rolnicze powinny być projektowane w taki sposób, aby ich utrzymanie było tańsze, nie tracąc przy tym efektywności cyklu produkcyjnego i nie pogarszając jakości produktów. W szczególności dotyczy to upraw szklarniowych. Szklarnia pasywna jest trudniejsza w budowie niż szklarnia tradycyjna, ponieważ etap projektowania wymaga większej dbałości o szczegóły. Ważne jest wyeliminowanie tzw. mostków termicznych, czyli obszarów, w których wzrasta przenikanie ciepła na skutek przerwania ciągłości powłoki termoizolacyjnej. Wyższy poziom izolacji termicznej nie tylko zmniejsza zapotrzebowanie energetyczne budynku pasywnego, ale także pomaga w utrzymaniu wysokiej temperatury powierzchni wewnętrznych w pomieszczeniu zimą i niskiej temperatury latem. Dzięki temu wzrasta komfort cieplny (intensywność promieniowania ogrzewanych powierzchni), w pomieszczeniu ustala się jednolity klimat, co wyklucza powstawanie „zimnych narożników”.

Proponuje się budowę zautomatyzowanych szklarni. Jednostka główna to sprzęt i oprogramowanie realizowane w postaci oddzielnych modułów (sterownik i czujniki), które można dobierać w zależności od parametrów szklarni. Po zainstalowaniu i uruchomieniu wybranego programu uprawy system będzie na bieżąco monitorował klimat w szklarni, zarządzał procesem technologicznym uprawy roślin, raportował wszelkie nietypowe sytuacje oraz zapisywał historię obserwacji uprawy [2]. Klient ma dostęp do danych swojej szklarni i możliwość zdalnej zmiany parametrów. Szczególną uwagę przywiązuje się tu do ciągłego monitorowania parametrów mikroklimatu i warunków środowiskowych. Podczas monitorowania temperatury szczególnie ważna jest

stabilność i dokładność pomiaru. Schemat kontroli mikroklimatu w szklarniach pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat kontroli mikroklimatu w szklarniach.

Tym samym zauważono w [1], że przekroczenie temperatury w szklarni o 1 °C powyżej wartości wymaganej powoduje dodatkowe zużycie surowców paliwowo-energetycznych w ilości 100 ton paliwa konwencjonalnego w ciągu roku, przypadającego na 1 ha powierzchni szklarniowej. Dlatego szczególnie ważne stają się parametry techniczne używanego sprzętu, takie jak dokładność regulacji temperatury w szklarni. Powinien zmieniać się w szklarni w zależności od pory dnia, stanu środowiska itp. Inteligentne utrzymanie systemów cyberfizycznych oznacza zastosowanie technologii sztucznej inteligencji i analizy danych w celu automatyzacji i usprawnienia procesów utrzymania systemów cyberfizycznych, które obejmują zarówno komponenty fizyczne, jak i cyfrowe. Pomaga to zwiększyć wydajność, niezawodność i produktywność takich systemów, obniżyć koszty ich utrzymania i wsparcia, zapewnić dokładną i szybką reakcję na zdarzenia i problemy.

Zbadano i uzasadniono możliwość wykonania szklarni jako konstrukcji energetycznie pasywnej, czyli takiej, w której poziom zużycia sztucznych dodatkowych źródeł energii jest o rząd wielkości niższy w porównaniu z konstrukcjami tradycyjnymi. Raspberry Pi z technologią ZigBee i dostępem do Internetu służy jako sprzęt i oprogramowanie zapewniające działanie sieci. Zapisywanie i pobieranie obrazów jest realizowane przy użyciu MySQL. Wybór technologii budowy tej sieci jest uzasadniony, w szczególności zapewniona jest topologiczna obecność co najmniej 3 węzłów do sterowania 3 obwodami podsystemu temperaturowego systemu cyberfizycznego. Wybrano sprzęt kompatybilny z wcześniej przetestowanymi inteligentnymi czujnikami. Zapewnione jest zdalne zarządzanie wieloma szklarniami. W tym celu opracowano oprogramowanie i udostępniono interfejs użytkownika.

## BIBLIOGRAFIA

1. Wymagania agrotechniczne dotyczące automatyzacji procesów technologicznych w terenie zamkniętym. URL: <http://kyrator.com.ua/index.php?option=>
2. O. Lysa, A.-V. Midyk. Studies of temperature-humidity characteristics of the greenhouse cyber - physical system, Measuring technique and metrology, Tom.81, № 2, 2020, pp.7-12. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2020.02.007>

## ORGANIZERS AND PARTNERS



WARSAW  
UNIVERSITY  
OF LIFE SCIENCES



University of Agriculture in Krakow



The Jacob of Paradies University



Ondokuz Mayıs University



Асоціація «Енергоефективні міста України»



GREEN  
WEST  
NEW AGE OF TECHNOLOGIES

● geoteplo



POWER  
NEEDS CONTROL

Spline

KRIPTER  
SYSTEM SOLUTION



**Наукове видання**

**Інформаційні технології в енергетиці  
та агропромисловому комплексі**

Матеріали  
XII Міжнародної наукової конференції  
04-06 жовтня 2023 р.

Адреси для листування:  
80381, Україна, Львівська обл., Львівський район, м. Дубляни, вул. В. Великого, 1  
E-mail: itea@lnau.edu.ua  
Сайт конференції: <http://www.itea.lnup.edu.ua/>

© ЛНУП, 2023