



PROSPECTIVE AND PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN TECHNICAL AND AGRICULTURAL SCIENCES

Collective monograph

ISBN 979-8-88992-694-8

DOI 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3

BOSTON(USA)-2023

ISBN – 979-8-88992-694-8

DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3

*Prospective and priority
directions of scientific research in
technical and agricultural
sciences*

Collective monograph

Boston 2023

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-88992-694-8

DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3

Authors – Gladilin V., Siroshtan T., Sviderska T., Shudra N., Mysak I., Berezovsky S., Kalachova V., Misiura O., Sizon D., Dudenko S., Tretiak V., Kozlov V., Tomashevskaya T., Hordiiko N., Martsenyuk V., Sverstyuk A., Andrushchak I., Androshchuk I., Matviiv Y., Бурцев В.В., Воронін В.В., Волювач С.А., Запара Д.М., Кривчун В.І., Сова О.Я., Шишацький А.В., Шипілова Л.М., Шкнай О.В., Жук О.В., Троцько О.О., Lopushniak V., Hrytsuliak H., Ковальчук М., Маєвський О.

REVIEWER

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

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

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelaunch.com/>

Text Copyright © 2023 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2023 by the International Science Group and authors.

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

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

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

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

The recommended citation for this publication is:

Prospective and priority directions of scientific research in technical and agricultural sciences: collective monograph / Gladilin V., Siroshtan T., Sviderska T., Shudra N. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2023. 295 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3

TABLE OF CONTENTS

1. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION		
1.1	<p>Gladilin V.¹, Siroshtan T.¹, Sviderska T.¹, Shudra N.²</p> <p>ASSESSMENT OF GEODETIC MEASUREMENT ERRORS</p> <p>¹ Department of Geodetsy and Land Management, Bilotserkov National Agrarian University</p> <p>² Department of Engineering Geodesy, Kyiv National University of Construction and Architecture</p>	8
1.1.1	PROPERTIES OF TRUE ERRORS	8
1.1.2	AVERAGE VARIANCE AS A GENERAL CHARACTERISTIC OF THE DISPERSION OF A RANDOM VARIABLE	11
1.2	<p>Mysak I.¹</p> <p>SURFACE WATER MANAGEMENT PLAN IN MODERN CITY</p> <p>¹ Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	28
1.3	<p>Mysak I.¹</p> <p>USING OF NEURAL NETWORK TO ESTIMATE LEAKAGE RATE IN WATER DISTRIBUTION NETWORKS</p> <p>¹ Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University</p>	38
2. COMPUTER SCIENCE		
2.1	<p>Berezovsky S.¹</p> <p>CONNECTIONISM: FACETS OF NOON-MODELS OF DIGITAL TWINS ON ND SWITCHING PATTERNS BY BEREZOVSKY</p> <p>¹ Department of Information Technologies, Odesa State Agrarian University</p>	47
2.2	<p>Kalachova V.¹, Misiura O.¹, Sizon D.¹, Dudenko S.¹, Tretiak V.¹</p> <p>INFORMATION TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN THE SUCCESSFUL ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF MARTIAL LAW</p> <p>¹ Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University</p>	87
2.3	<p>Kozlov V.¹, Tomashevskaya T.¹, Hordiiko N.²</p> <p>ALGORITHMS FOR FINDING THE GLOBAL EXTREMUM IN THE CASE OF THE RELATED RESOURCES ALLOCATION</p> <p>¹ Department of Computer Sciences and Information Technologies, Kyiv State University of Trade and Economics</p> <p>² Department of Applied Physics, Physical and Technical Institute of KPI named after Igor Sikorsky</p>	96

2.4	<p>Martsenyuk V.¹, Sverstyuk A.², Andrushchak I.³, Androshchuk I.³, Matviiv Y.³</p> <p>CURRENT ASPECTS, CHALLENGES, THREATS AND SOLUTIONS OF CYBER SECURITY</p> <p>¹ University of Bielsko-Biala ² I. Horbachevsky Ternopil National Medical University ³ Lutsk National Technical University</p>	108
2.5	<p>Бурцев В.В.¹, Воронін В.В.¹, Волювач С.А.¹, Запара Д.М.¹, Кривчун В.І.¹</p> <p>УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТИПУ СУПРОВОДЖЕНОЇ ЦІЛІ У РАДІОЛОКАТОРІ З АМПЛІТУДНИМ МИТТЄВИМ ПОРІВНЯННЯМ СИГНАЛІВ</p> <p>¹ Харківський національний університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба</p>	116
2.6	<p>Сова О.Я.¹, Шишацький А.В.², Шипілова Л.М.², Шкнай О.В.³, Жук О.В.⁴, Троцько О.О.¹</p> <p>МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ АСИМЕТРИЧНОГО КОНФЛІКТУ</p> <p>¹ Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, м. Київ, Україна ² Навчально-науковий інститут публічного управління та державної служби, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна ³ Науково-дослідний інститут воєнної розвідки, м. Київ, Україна ⁴ Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ, Україна</p>	126
2.6.1	<p>МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ НАЦІОНАЛЬНІЙ БЕЗПЕЦІ ДЕРЖАВИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОЇ ІМУННОЇ СИСТЕМИ</p>	131
2.6.2	<p>РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ТА БАГАТОВИМІРНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ СИСТЕМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ</p>	134
2.6.3	<p>УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ПОШУКУ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ ЗОЗУЛІ</p>	141
2.6.3.1	<p>ОПИС БАЗОВОГО АЛГОРИТМУ ЗОЗУЛІ</p>	141
2.6.3.2	<p>АЛГОРИТМ РЕАЛІЗАЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ПОШУКУ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ ЗОЗУЛІ</p>	144

2.6.4	СИНТЕЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНОЮ БЕЗПЕКОЮ	148
2.6.5	АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ АСИМЕТРИЧНОГО КОНФЛІКТУ	153
3. GENERAL AGRICULTURE		
3.1	Lopushniak V. ¹ , Hrytsuliak H. ² INFLUENCE OF SEDIMENT OF WASTEWATER ON THE CHANGE OF AGRO-ECOLOGICAL INDICATORS OF A SOD-PEDOSAL SOIL UNDER ENERGY WILLOW ¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine ² Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine	159
4. INNOVATIVE TECHNOLOGIES		
4.1	Ковальчук М. ¹ , Маєвський О. ¹ СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТВОРЧИХ ПРОДУКТІВ ¹ кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем, Поліського національного університету, Житомир, Україна	191
4.1.1	СУЧАСНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОПРАЦЮВАННЯ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	192
4.1.1.1	МУЛЬТИМЕДІЙНА ПРОГРАМА СТВОРЕННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	192
4.1.1.2	СУЧАСНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ СИСТЕМИ ТА ЗАСОБИ ВІДТВОРЕННЯ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	199
4.1.1.3	СУЧАСНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ СЕРЕДОВИЩА ІНТЕГРАЦІЇ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	203
4.1.2	ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТВОРЧИХ ПРОДУКТІВ	206
4.1.2.1	ПРОГРАМА ІНТЕГРАЦІЇ ТА СИНХРОНІЗАЦІЇ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ADOBE PREMIER	206
4.1.2.2	ПРОГРАМА ІНТЕГРАЦІЇ ТА СИНХРОНІЗАЦІЇ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ADOBE AFTER EFFECTS	207
4.1.2.3	ВИКОРИСТАННЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТВОРЧИХ ПРОДУКТІВ	209

5. MECHANICAL ENGINEERING		
5.1	<p>Нечипоренко В.¹, Сало В.¹, Літовченко П.¹, Раківненко В.¹, Горелишев С.¹</p> <p>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОСАДКИ З НАТЯГОМ НА ЇЇ ЯКІСНИЙ ВИБІР У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ З'ЄДНАНЬ</p> <p>¹ Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна</p>	215
6. PLANT GROWING		
6.1	<p>Семірненко Ю.¹, Семірненко С.¹</p> <p>ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ СПОСОБІВ РОЗЛІСНЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ</p> <p>¹ Кафедра проектування технічних систем, Сумський національний аграрний університет</p>	227
7. TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS		
7.1	<p>Авраменко А.¹, Грабовська О.²</p> <p>УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОРИСТОГО КРОХМАЛЮ ДЛЯ ІНКАПСУЛЮВАННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ</p> <p>¹ Кафедра технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій</p> <p>² Кафедра технології і організації ресторанного господарства, Державний торговельно-економічний університет</p>	239
7.2	<p>Коваль О.¹, Гуць В.²</p> <p>СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ</p> <p>¹ Кафедра технології харчових та аюрведичних продуктів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна</p> <p>² Кафедра готельно-ресторанного та туристичного бізнесу, Київський національний університет культури і мистецтв, Київ, Україна</p>	248
REFERENCES		273

SECTION 1. ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.1.1

1.1 Assessment of geodetic measurement errors

1.1.1 Properties of true errors

True errors can be found when we know the true value of the measured value. In geodetic measurements and in any other measurements, the true value of the measured quantity is unknown, therefore the most probable value of this quantity is taken, the sum of probable errors must be zero, the sum of true errors must be zero, therefore it is necessary to investigate the probable and true errors in an algebraic circle .

The nature of true errors is manifested in closed systems, each (any) element of a closed system is neutral and opposite to all other elements and can be the beginning and end of the system. Therefore, a simple, closed system can be considered as an algebraic circle of elements, the dimensions of which are not measured precisely, but with some error.

Definition 1. The set of all elements of a closed system is called a circle K if the algebraic sum of the values of these elements is a true physical quantity.

Definition 2. The set of all elements of a closed system is called a circle M if the algebraic sum of the values of these elements is zero.

In circle K and circle M , we consider their own subsets, arcs D and \bar{D} which are opposite to each other and such that

$$D \subset K, \bar{D} = K \setminus D; D \subset M, \bar{D} = M \setminus D. \quad (1)$$

Theorem. If the elements of the system create circle K or circle M , then the algebraic sum of their true errors is zero, and the algebraic sums of errors of the elements of any two opposite arcs D and \bar{D} , circle K or circle M , will be the same in magnitude and have opposite signs.

Proof. Let X_1, X_2, \dots, X_n are the true values of the elements of circle K or circle M ; x_1, x_2, \dots, x_n – approximate (measured) values of the elements; $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ are the true errors of the elements.

If C is the algebraic sum of the true values of the elements of the circle K , or $C = 0$ in the circle M , then we can write

$$\begin{cases} \Delta_1 = x_1 - X_1 \\ \Delta_2 = x_2 - X_2 \\ \Delta_3 = x_3 - X_3 \\ \dots \\ \Delta_n = x_n - X_n \end{cases} \quad (2)$$

Let's add the right and left sides of these equations, we get:

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n = x_1 + x_2 + \dots + x_n - (X_1 + X_2 + \dots + X_n).$$

Here the algebraic sum of the elements will be

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n X_i = C, \quad (3)$$

then the sum of the true errors of the elements will be

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0. \quad (4)$$

Let's divide circle K or circle M into two opposite arcs D and \bar{D} , introduce the notation

$$\begin{cases} X_1 + X_2 + \dots + X_k = X_D \\ X_{k+1} + X_{k+2} + \dots + X_n = X_{\bar{D}} \\ x_1 + x_2 + \dots + x_n = x_D \\ x_{k+1} + x_{k+2} + \dots + x_n = x_{\bar{D}} \\ \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_k = \Delta_D \\ \Delta_{k+1} + \Delta_{k+2} + \dots + \Delta_n = \Delta_{\bar{D}} \end{cases} \quad (5)$$

Then the true errors of arcs D and \bar{D} will be determined

$$\Delta_D = x_D - X_D \quad (6)$$

$$\Delta_{\bar{D}} = x_{\bar{D}} - X_{\bar{D}} \quad (7)$$

Let's add the left and right parts of equations (6) and (7), we get

$$\Delta_D + \Delta_{\bar{D}} = x_D + x_{\bar{D}} - (X_D + X_{\bar{D}}).$$

But by definition

$$x_D + x_{\bar{D}} = X_D + X_{\bar{D}},$$

ago

$$\begin{aligned} \Delta_D &= -\Delta_{\bar{D}}, \\ |\Delta_D| &= |-\Delta_{\bar{D}}|, \end{aligned}$$

or

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_k = -(\Delta_{k+1} + \Delta_{k+2} + \dots + \Delta_n),$$

$$|\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_k| = |-(\Delta_{k+1} + \Delta_{k+2} + \dots + \Delta_n)|$$

Let's take all equal internal (or external) angles $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ of a closed polygonometric (or theodolite) course, which create a circle \mathbf{K} , because their true sum is known: $C = \pi(n-2)$, or $C = \pi(n+2)$.

If $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ are the true errors of the angles, then by the theorem we get

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0.$$

For example, let's take all equalized excesses h_1, h_2, \dots, h_n of a closed leveling stroke. The set of all excesses creates a circle \mathbf{M} , because the algebraic sum of excesses must be equal to zero, that is, $\sum_{i=1}^n h_i = 0$. Suppose that $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ are true errors of excesses, then also

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0.$$

When the circle \mathbf{M} is divided into two opposite arcs D and $\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0$, first we will take any excesses from \mathbf{M} , in the number of one to $n-1$ excesses, regardless of the order of excesses in the course. This set of excesses will create the arc D , and the set of excesses that will remain will create the opposite arc $\sum_{i=1}^n \Delta_i = 0$, from the theorem it follows that the algebraic sum of all true errors of the excesses of the closed stroke is equal to zero $\sum_{i=1}^n h_i = 0$, and the algebraic sums of true errors of arcs D and \bar{D} have equal moduli and opposite signs.

To determine the planned coordinates x and y of points of polygonometric (theodolite) moves, coordinate increments are determined by formulas

$$\begin{cases} \Delta_x = d \cdot \cos \alpha \\ \Delta_y = d \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (8)$$

where d is the measured distance (horizontal laying) between adjacent points, the coordinates of which are determined; α are equalized directional angles, which are reduced to circle \mathbf{M} .

We equalize the increments of the coordinates, bringing them to the circle \mathbf{M} , in such a way that

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n-1} \Delta x_i = 0 \\ \sum_{i=1}^{n-1} \Delta y_i = 0 \end{cases} \quad (9)$$

where n is the number of defined points.

By making corrections to the coordinate increments, we thereby equalize the lengths of the measured distances between adjacent points.

Note that the circles M in the same way form the equalized increments of the coordinates of the points of a closed (and not necessarily closed, if it can be reduced to a circle M , that is, all geodesic constructions are closed among themselves) polygonometric (theodolite) course, the sum of which is zero.

True errors do not accumulate in the sums of elements of a closed equalized system. If the angles of a closed polygonometric (theodolite) course are precisely measured, and then they are equalized, and if the mean square error of the alignment of the angles m_β is known, then all the directional angles of the sides of the polygonometric (theodolite) course have the same mean square error $m_\alpha = m_\beta$. Similarly, if in a closed leveling course the excesses with the mean square error m_h of the leveled excess are exactly measured, then all the heights (marks) of the points (benchmarks) will have the same mean square error $m_H = m_h$. If the distances between the points are exactly measured and the mean square error of determining the distances m_d is obtained during alignment, then the mean square errors of the coordinate increments with equal influence of the accuracy of linear and angular measurements will be

$$\begin{cases} m_{\Delta x} = \sqrt{\frac{m_d^2}{2} + \frac{d^2 \cdot m_\alpha^2}{2 \cdot \rho^2}}, \\ m_{\Delta y} = \sqrt{\frac{m_d^2}{2} + \frac{d^2 \cdot m_\alpha^2}{2 \cdot \rho^2}} \end{cases} \quad (10)$$

These formulas include mean squared errors in determining the lengths of lines and angles

The given theorem establishes a feature of the distribution of true errors. It is proved that the algebraic sum of the true errors of the elements of the closed equalized system is zero

1.1.2 Average variance as a general characteristic of the dispersion of a random variable

A new method of measuring accuracy assessment is under consideration. It differs from traditional methods in that, as a result of processing measurements of one quantity, not only the mean squared error is obtained, but also the mean squared errors of all measurements.

Properties of average dispersion

A new approach to assessing the accuracy of measurements was initiated in the work [1], in which the dispersion of the value of a discrete random variable is given. It is proved that the average variance and general variance have the following dependence:

$$v_0^2 = 2\sigma^2 \quad (11)$$

An unsolved problem is establishing the properties of the average variance.

The goal is to establish the essence of this dispersion characteristic of the discrete quantity X .

We will consider a value that has value as one that is scattered not only relative to the general average value, but also relative to individual values of this random variable. If the center of dispersion of a random variable is taken as a mathematical expectation, then the characteristic of its dispersion will be the general dispersion

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \sum_x (x - \mu)^2 f(x), \quad (12)$$

where $f(x)$ is the probability distribution function [5].

If we take some value x_i from the group G of the general population [3] as the center of dispersion of the value X , then we arrive at the following definition of the dispersion of the value x_i of a random variable:

$$\sigma_{xi}^2 = E[(X - x_i)^2] = \sum_x (x - x_i)^2 f(x). \quad (13)$$

A comparison of dependencies (12), (13) shows that general variance and variance have the same algebraic representation. However, in reality, these two characteristics have different properties. To prove this, consider the aggregates in which these two characteristics are defined.

The variance σ^2 is determined by the aggregate (volume $k + 1$):

$$C' = (\mu, x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{k-1}, x_k),$$

The dispersion σ_{xi}^2 is calculated by the general population

$$C = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{k-1}, x_k).$$

General dispersion

$$\sigma^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \mu)^2$$

is the square of the mean squared difference of the general average μ and the indicators of all dimensions, since in this equation the value $\sum_x(x_j - \mu)^2$ is the sum k of the squares of the differences, and the variance

$$\sigma_{xi}^2 = \frac{1}{k} \sum_{xj} (x_j - x_i)^2 \quad (j | i = 1, 2, \dots, k, j \neq i) \quad (14)$$

is not the square of the mean squared difference of the value x_i of the value X and the values complementary x_i to X , because $\sum_{xj}(x_j - x_i)^2$ in dependence (14) is formed $k - 1$ by the squares of the differences.

It happens that the general population has a large volume k_G of the group G . Then the variance of the value of the quantity is calculated according to the theorem [1]

$$\sigma_x^2 = \sigma^2 + (x - \mu)^2 \quad (15)$$

The general variance is determined by the following theorem [1]:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{xi}^2 f(x_i)}{2} \quad (i = 1, 2, \dots, k_G), \quad (16)$$

where $f(x_i)$ is the probability of the value x_i of the group G . Since the volume k_G is equal to the volume of "values" of the quantity X , it follows from dependence (16):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_x \sigma_x^2 f(x)}{2}.$$

Taking into account dependence (11), we obtain the following rule for determining the average variance of a quantity X :

$$v_0^2 = \sum_x \sigma_x^2 f(x).$$

Assertion 1. The average variance v_0^2 is the dispersion field σ_x^2 of a value X relative to the following values: $x = \mu - \sigma, x = \mu + \sigma$.

Proof. If there is a general set of measurements of one quantity, then, according to the axiom of the theory of measurement errors [3], a random quantity X acquires a set of values in such a limited closed interval:

$$\left[x_{min} - \frac{[Q]}{2}, x_{max} + \frac{[Q]}{2} \right] \quad (17)$$

where x_{min}, x_{max} is the smallest and largest value of measurements; $[Q]$ – degree of quantization of measurements [4].

Therefore, the value X can have the following values within: $x = \mu - \sigma, x = \mu + \sigma$. We determine the dispersion σ_x^2 of these values according to rule (5), and obtain

$$\sigma_x^2 = \sigma^2 + (x - \mu)^2 = \sigma^2 + (\mu - \sigma - \mu)^2 = 2\sigma^2 = v_0^2;$$

$$\sigma_x^2 = \sigma^2 + (x - \mu)^2 = \sigma^2 + (\mu + \sigma - \mu)^2 = 2\sigma^2 = v_0^2,$$

then the statement is proved.

The average variance v_0^2 is determined in the general aggregates of measurements, i.e. in aggregates characterized by fullness $F=1$ and such a quality factor Q that allows reliably establishing the probability distribution function $f(x)$ [3]. If, in the process of measuring one quantity, a set k of measurements is collected, which has a large volume and a significant quality factor Q , but the fullness of the set is $F<1$, that is, the projection of the set is not a complete set G of measurements, then this set of measurements can be considered only as a random sample representing the general set. Then the sample mean \bar{x} (simple arithmetic mean) and the approximate value v^2 of the dispersion characteristic v_0^2 of the quantity X [1] are determined according to formula (11)

$$v^2 = 2s^2, \quad (18)$$

where s^2 – це вибіркова дисперсія [2]. Дисперсія v^2 є оцінкою для середньої дисперсії v_0^2 . Від відповідності (15) приходимо до такого правила [1]:

$$s_x^2 = s^2 + (x - \bar{x})^2. \quad (19)$$

Since dependencies (15), (19) are the same algebraic correspondences, the value v^2 is equal to the sampling variance s_x^2 of the values $x = \bar{x} - s, x = \bar{x} + s$ of the sample .

Example 1. The table shows a series of distribution of the general population of measurements of excess by growth between two benchmarks of the leveling course [1].

It is necessary to determine the variances σ_s^2, σ_t^2 of the values $x_s = \mu + \sigma, x_t = \mu - \sigma$ of the random variable and compare these variances with the average variance v_0^2 .

Table The series of distribution of the general set of measurements

X $h(\text{MM})$	$x_{(1)}$ 1,3	$x_{(2)}$ 1,4	$x_{(3)}$ 1,5	$x_{(4)}$ 1,6	$x_{(5)}$ 1,7	$x_{(6)}$ 1,8	$x_{(7)}$ 1,9
$f(x)$ $p(x)$	$f(x_{(1)})$ 0,01	$f(x_{(2)})$ 0,03	$f(x_{(3)})$ 0,18	$f(x_{(4)})$ 0,49	$f(x_{(5)})$ 0,23	$f(x_{(6)})$ 0,04	$f(x_{(7)})$ 0,02
k_G	1	2	3	4	5	6	7

The general population has the volume of measurements $k = 100$, and the volume of «values» of the general population $k_G = 7$. The degree of quantization of measurements $[Q] = 0.1$ mm. The range of measurements $R = 1.9 - 1.3 = 0.6$ mm. Characteristics of the position of the random variable $\mu = 1.60$ mm. Characteristics of its dispersion: $\sigma^2 = 0,0095 \text{ MM}^2$; $\nu_0^2 = 2\sigma^2 = (2)(0,0095) = 0,019 \text{ MM}^2$.

A random variable X acquires a set of values in such a limited closed interval:

$$x_{min} - \frac{[Q]}{2}; x_{max} + \frac{[Q]}{2}; x_1 - \frac{[Q]}{2}; x_7 + \frac{[Q]}{2} = [1.25 \div 1.95],$$

accordingly, the confidence interval for the quantity X has the form with a confidence probability of one:

$$P(1,25 \text{ MM} \leq X \leq 1,95 \text{ MM}) = 1.$$

We will get:

$$x_s = \mu + \sigma = 1.61 + 0,0975 = 1,7075 \text{ MM}; x_t = \mu - \sigma = 1,61 - 0,0975 = 1,5125 \text{ MM};$$

$$\sigma_{x_s}^2 = \sigma^2 + (x_s - \mu)^2 = 0,0095 + (1,7075 - 1,61)^2 = 0,019 \text{ MM}^2 = \nu_0^2.$$

$$\sigma_{x_t}^2 = \sigma^2 + (x_t - \mu)^2 = 0,0095 + (1,5125 - 1,61)^2 = 0,019 \text{ MM}^2 = \nu_0^2.$$

Consider the density function of the distribution of a quantity X with mean value μ and variance σ^2 for the normal distribution law [5]

$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(1/2)[(x-\mu)/\sigma]^2}, \quad -\infty < x < \infty, \quad (20)$$

Statement 2. If the value X is normally distributed, has an average variance ν_0^2 , then for values $x = \mu \pm \sigma$ the density function of the distribution of a random value will

have the following form for the values: $n(x = \mu \pm a\sigma; \mu, \nu_0) = \frac{1}{\sqrt{\pi\nu_0}} e^{-a^2/2}$.

Proof. Theorem (15) implies that

$$(x - \mu)^2 = \sigma_x^2 - \sigma^2. \quad (21)$$

Taking into account dependencies (11), (21), we obtain

$$-(1/2)[(x - \mu)/\sigma]^2 = -(1/2)(\sigma_x^2 - \sigma^2)/\sigma^2 = -\sigma_x^2/2\sigma^2 + \sigma^2/2\sigma^2 = 1/2 - \sigma_x^2/v_0^2.$$

Therefore, the function (20) is reduced to the following form:

$$n(x; \mu, v_0) = \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{1/2 - \sigma_x^2/v_0^2}, \quad -\infty < x < \infty \quad (22)$$

For the values $x = \mu$, $x = \mu \pm \sigma$, $x = \mu \pm 2\sigma, \dots, x = \mu \pm a\sigma$ of the random variable, in accordance with the rules (11), (15), we obtain the following variances:

$$\sigma_{x=\mu}^2 = 1/2v_0^2; \sigma_{x=\mu \pm \sigma}^2 = v_0^2; \sigma_{x=\mu \pm 2\sigma}^2 = 5\sigma^2 = (5/2)v_0^2; \dots \\ \dots \sigma_{x=\mu \pm a\sigma}^2 = (a^2 + 1)\sigma^2 = [(a^2 + 1)/2]v_0^2.$$

For the variances of the given values, we find the densities of the normal distribution of the random variable by rule (22).

$$\left. \begin{aligned} n(x = \mu; v_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{1/2 - (1/2)v_0^2/v_0^2} = \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}}; \\ n(x = \mu \pm \sigma; v_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{1/2 - v_0^2/v_0^2} = \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{-1/2}; \\ n(x = \mu \pm 2\sigma; v_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{1/2 - (5/2)v_0^2/v_0^2} = \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{-2}; \\ \dots &\dots \\ n(x = \mu \pm a\sigma; v_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{1/2 - [(a^2 + 1)/2]v_0^2/v_0^2} = \frac{1}{\sqrt{\pi v_0}} e^{-a^2/2}. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

The statement is proved.

Example 2. In example 1, the general population has the following characteristics: $\mu = 1.60 \text{ mm}$; $\sigma = 0.0975 \text{ mm}$; $v_0^2 = \mathbf{0.019 \text{ mm}^2}$. It is necessary to calculate the density ratio of the distribution of a random variable for its values $x = \mu$, $x = \mu \pm \sigma$, $x = \mu \pm 2\sigma, \dots, x = \mu \pm a\sigma$ using formulas (23): .

The following values of the distribution density of the random variable were calculated:

$$\begin{aligned}
 n(x = \mu; \nu_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi\nu_0}} = 4,09306 \text{ MM}^{-1}; \\
 n(x = \mu \pm \sigma; \nu_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi\nu_0}} e^{-1/2} = 2,48257 \text{ MM}^{-1}; \\
 n(x = \mu \pm 2\sigma; \nu_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi\nu_0}} e^{-2} = 0,55394 \text{ MM}^{-1}; \\
 &(24) \\
 n(x = \mu \pm 3\sigma; \nu_0) &= \frac{1}{\sqrt{\pi\nu_0}} e^{-9/2} = 0,04547 \text{ MM}^{-1}.
 \end{aligned}$$

If we take the density of the value distribution as a unit, then the ratio of the given densities will be as follows:

$$\begin{aligned}
 n(x = \mu) : n(x = \mu \pm \sigma) : n(x = \mu \pm 2\sigma) : n(x = \mu \pm 3\sigma) = \\
 = 1 : e^{-\frac{1}{2}} : e^{-2} : e^{-\frac{9}{2}} = 1 : 0,606 : 0,135 : 0,011.
 \end{aligned}$$

(25)

1.3. About the dispersion of geodetic measurements

A new approach to accuracy assessment was initiated in the INS - 1 recommendation of the International Committee of Weights and Measures, which recommends that the uncertainty components of category A be estimated by sample variances s_i^2 or deviations s_i [6].

It is known that general aggregates of measurements are estimated not by sample variances, which are studied by the theory of probabilities, but by general variances σ^2 .

It is necessary to solve the problem of assessing the accuracy of geodetic measurements in the presence of a general set of measurements.

The quantitative (numerical) measure of the deviation of a discrete random variable X from its mathematical expectation $E(X) = \mu$ is the central moment of the second order, which is denoted by the symbol σ^2 (12)

In mathematical statistics, a component of which is the theory of measurement errors, the quantity σ^2 is called the general variance, and the quantity $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ is the standard deviation of the quantity X .

The mathematical expectation of the quantity X is determined

$$\mu = E(X) = \sum_x x \cdot f(x). \quad (26)$$

In the theory of probabilities, the quantity μ is called the average value of the quantity X , and in mathematical statistics – the general average value.

The variance of the discrete quantity X is calculated according to the theorem given in the work [5]:

$$\sigma^2 = E(X^2) - \mu^2, \quad (27)$$

were

$$E(X^2) = \sum_x x^2 \cdot f(x) \quad (28)$$

is the mathematical expectation of the square of a random variable, $f(x)$ is a probability distribution function [5].

The proof of (27) is based on definitions (12), (26), (28) and the second axiom of probabilities:

$$\sum_x f(x) = \sum_x p(x) = 1. \quad (29)$$

The second axiom of probabilities is also formulated [2] that $P\{I\}=1$ for a reliable event I .

Having given this axiom and pointed out that the equality $P\{E(X)\}$ does not imply that E represents a reliable event, probability theory never gives any example of a probable event. Using modern methods that allow you to practically reduce the influence of systematic errors to a minimum, modern devices (high-precision level and invar leveling rails), you can measure the excess between two benchmarks located at a distance of 100 meters from each other by many methods and calculate the general average value μ , which is reliable an interval for that value would not be constructed, that interval would not be likely because its probability is not equal to one.

Probability theory does not pay attention to the range R values of measured random variables, because it considers random variables that acquire values in the range from $-\infty$ to ∞ . In the theory of measurement errors, the range of measurement values R is a

probable value, because when the number of measurements of one quantity increases, it approximately acquires a constant value that depends on the accuracy of the measuring device.

Consider the density function of the distribution of the quantity X with mean value μ and variance σ^2 for the normal distribution law (23) [5]:

$$n(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right]^2}, \quad -\infty < x < \infty, \quad (30)$$

де: $\pi = 3.14159265\dots$; $e = 2.71828\dots$.

The theory of probabilities is built on this law, and in geodetic practice random variables acquire the largest values of $\pm 4\sigma$ to $\pm 5\sigma$ (and sometimes $\pm 6\sigma$).

It follows from definition (12) and theorem (27) that the general variance σ^2 is the dispersion of the quantity X relative to its general mean value μ . The quantity μ is such a numerical implementation of the values of the general set of measurements that has a general variance of σ^2 , which is the smallest of all variances that are determined on this set.

For example, if you take any value x_i of the value of X , then it has its own measure of dispersion - dispersion $\sigma_{x_i}^2$.

Definition 3 There is a general set of measurements that have a chi value x_i . The variance $\sigma_{x_i}^2$ of the x_i value of a discrete quantity X is called the mathematical expectation of the square of the deviation of the quantity X from x_i , i.e.

$$\sigma_{x_i}^2 = E(X - x_i)^2 = \sum_x (x - x_i)^2 \cdot f(x), \quad (31)$$

where: $f(x)$ is the probability distribution function [5].

Size $\sigma_{x_i} = \sqrt{\sigma_{x_i}^2}$ is called the standard deviation x_i of the value X values.

Example 3, in table. 1 shows the distribution of the values of the general set of measurements with the volume of $n = 100$ exceedances between two benchmarks of the leveling course. Let's determine the confidence interval for the values of a discrete quantity, the general average value μ of the excess, the general variance σ^2 , the standard deviation $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$, as well as the variance: $\sigma_{x_{(1)}}^2, \sigma_{x_{(2)}}^2, \dots, \sigma_{x_{(7)}}^2$ values $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(7)}$

excesses and their standard deviations $\sigma_{x_{(1)}}, \sigma_{x_{(2)}}, \dots, \sigma_{x_{(7)}}$.

The general population has the volume of measurements $k = 100$, and the volume of "values" of the general population $k_G = 7$. The degree of quantization [7] of measurements $[Q] = x_{\text{II}+1} - x_{\text{II}} = 0.1$ mm, the range of measurements $R = x_{\text{max}} - x_{\text{min}} = 1.9 - 1.3 = 0.6$ mm (Table).

The center of the range of measurements will be as follows:

$$\bar{x}_G = \frac{x_{\text{min}} + x_{\text{max}}}{2} + \frac{x_{(1)} + x_{(7)}}{2} + \frac{1.3 + 1.9}{2} = 1.6 \text{ MM}$$

$$\sum_x f(x) = \sum_x p(x) = 0.01 + 0.03 + 0.18 + 0.49 + 0.23 + 0.04 + 0.01 = 1.$$

Taking into account the rounding of the measurement values, we will find the permissible limit values of the excess

$$\begin{cases} x_{\text{adm}(\text{min})} = x_{(1)} + \frac{[Q]}{2} = 1.3 - \frac{0.1}{2} = 1.25 \text{ MM} \\ x_{\text{adm}(\text{max})} = x_{(7)} + \frac{[Q]}{2} = 1.9 + \frac{0.1}{2} = 1.95 \text{ MM.} \end{cases}$$

The confidence interval for the values of the quantity X will take the form (17):

$$P(x_{\text{adm}(\text{min})} \leq X \leq x_{\text{adm}(\text{max})}) = P(1.25 \leq X \leq 1.95) = 1.$$

Using formula (26), we will calculate the general average value of the excess

$$\mu = 1.3 \cdot 0.01 + 1.4 \cdot 0.03 + 1.5 \cdot 0.18 + 1.6 \cdot 0.49 + 1.7 \cdot 0.23 + 1.8 \cdot 0.04 + 1.9 \cdot 0.02 = 1.61,$$

Let's determine the deviation ε of the center of the span \bar{x}_G measurements from the general average value μ

$$\varepsilon = |\bar{x}_G - \mu| = |1.6 - 1.61| = 0.01$$

Since the deviation $\varepsilon < [Q]$ is significantly smaller than the degree of quantization $[Q]$ of the measurements, then in the first approximation it can be assumed that the measurements are normally distributed.

We calculate the general variance of the quantity X according to theorem (27), for this we determine the mathematical expectation of the square of the random variable according to formula (28)

$$E(X^2) = 1.3^2 \cdot 0.01 + 1.4^2 \cdot 0.03 + 1.5^2 \cdot 0.18 + 1.6^2 \cdot 0.49 + 1.7^2 \cdot 0.23 + 1.8^2 \cdot 0.04 + 1.9^2 \cdot 0.02 = 2.6016 \text{ MM}^2,$$

so,

$$\sigma^2 = 2.6016 - 1.61^2 = 0.0095 \text{ MM}^2 \quad \sigma = \sqrt{0.0095} = 0.0975 \text{ MM}.$$

Let's calculate the scattering using definition (31): $\sigma_{x_{(1)}}^2, \sigma_{x_{(2)}}^2, \dots, \sigma_{x_{(7)}}^2$ values $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(7)}$ general set of measurements and their standard deviations $\sigma_{x_{(1)}}, \sigma_{x_{(2)}}, \dots, \sigma_{x_{(7)}}$,

get possessed

$$\begin{aligned} \sigma_{x_1}^2 &= \sum_x (x - x_1)^2 = (x_2 - x_1)^2 \cdot f(x_2) + (x_3 - x_1)^2 \cdot f(x_3) + (x_4 - x_1)^2 \cdot \\ &f(x_4) + (x_5 - x_1)^2 \cdot f(x_5) + (x_6 - x_1)^2 \cdot f(x_6) + (x_7 - x_1)^2 \cdot f(x_7) = (1.4 - \\ &1.3)^2 \cdot 0.03 + (1.5 - 1.3)^2 \cdot 0.18 + (1.6 - 1.3)^2 \cdot 0.49 + (1.7 - 1.3)^2 \cdot 0.23 + \\ &(1.8 - 1.3)^2 \cdot 0.04 + (1.9 - 1.3)^2 \cdot 0.02 = 0.1056 \text{ MM}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x_2}^2 &= \sum_x (x - x_2)^2 = (x_1 - x_2)^2 \cdot f(x_1) + (x_3 - x_2)^2 \cdot f(x_3) + (x_4 - x_2)^2 \cdot \\ &f(x_4) + (x_5 - x_2)^2 \cdot f(x_5) + (x_6 - x_2)^2 \cdot f(x_6) + (x_7 - x_2)^2 \cdot f(x_7) = (1.3 - \\ &1.4)^2 \cdot 0.01 + (1.5 - 1.4)^2 \cdot 0.18 + (1.6 - 1.4)^2 \cdot 0.49 + (1.7 - 1.4)^2 \cdot 0.23 + \\ &(1.8 - 1.4)^2 \cdot 0.04 + (1.9 - 1.4)^2 \cdot 0.02 = 0.0536 \text{ MM}^2. \end{aligned}$$

Similarly, we will obtain $\sigma_{x_3}^2 = (x - x_3)^2 \cdot f(x) = 0.0216 \text{ MM}^2$;

$$\sigma_{x_4}^2 = (x - x_4)^2 \cdot f(x) = 0.0096 \text{ MM}^2; \quad \sigma_{x_5}^2 = (x - x_5)^2 \cdot f(x) = 0.0176 \text{ MM}^2;$$

$$\sigma_{x_6}^2 = (x - x_6)^2 \cdot f(x) = 0.0456 \text{ MM}^2; \quad \sigma_{x_7}^2 = (x - x_7)^2 \cdot f(x) = 0.0936 \text{ MM}^2.$$

The calculation of the dispersions $\sigma_{x_i}^2$ of the values of the quantity X will be significantly simplified if the general rule for their calculation is applied.

Theorem 1. If μ is the general average value, and σ^2 is the general variance of the discrete quantity X , then the variance $\sigma_{x_i}^2$ of the value of x_i will take the form:

$$\sigma_{x_i}^2 = \sigma^2 + (x_i - \mu)^2. \quad (32)$$

Proof. By definition 3 (31)

$$\begin{aligned} \sigma_{x_i}^2 &= \sum_x (x - x_i)^2 \cdot f(x) = \sum_x (x^2 - 2xx_i + x_i^2) f(x) = \\ &= \sum_x x^2 f(x) - 2x_i \sum_x x f(x) + \sum_x x_i^2 f(x). \end{aligned} \quad (33)$$

In this equation $\sum_x x_i^2 f(x) = x_i^2 \sum_x f(x)$, taking into account the axiom of probabilities (29), we obtain: $\sum_x x_i^2 f(x) = x_i^2$, based on definitions (26), (28) in the equation (33):

$\sum_x x f(x) = \mu$, a $\sum_x x^2 f(x) = E(X^2)$, thus, equation (33) is simplified:

$$\sigma_{x_i}^2 = E(X^2) - 2x_i\mu + x_i^2 \quad (34)$$

Taking into account the theorem (27): $E(X^2) = \sigma^2 + \mu^2$, using this dependence, formula (34) can be written in the following form:

$$\sigma_{x_i}^2 = \sigma^2 + (x_i^2 - 2x_i\mu + \mu^2) = \sigma^2 + (x_i - \mu)^2, \quad (35)$$

Thus, the theorem is proved.

Two consequences follow from the theorem.

Corollary 1. If the general set of measurements has a degree of quantization $[Q]$, then the variance $\sigma_{x_i}^2$ of the value x_i of the quantity X will have the form:

$$\sigma_{x(i)}^2 = \sigma^2 + [(x_{(1)} + (i - 1)[Q]) - \mu]^2, \quad (36)$$

were : $x_{(1)} = x_{\min}$ is the first of a series of «values» of a set of dimensions ordered by growth; and i -is the serial number of the «value» of the measurement in the series of measurements.

If there is a general set of measurements, then the series of «values» of the measurements ordered in ascending order has the degree of quantization $[Q]$, therefore,

$$x_{(2)} = x_{(1)} + [Q]; \quad x_3 = 2[Q]; \dots;$$

$$x_{(k_{(G-1)})} = x_{(1)} + (k_G - 2)[Q]; \quad x_{(k_{(G)})} = x_{(1)} + (k_G - 1)[Q],$$

in this series, the value $(k_G - 1)[Q] = R$. Taking into account the given values, we proceed from rule (32) to rule (36), so the dispersion of measurements depends on their range R and the degree of quantization $[Q]$.

Corollary 2. If there is a random sample of the volume k , then the sample variance $s_{x_i}^2$ of the value x_i of the quantity X will have the form:

$$s_{x_i}^2 = s^2 + (x_i - \bar{x})^2, \quad (37)$$

where: $s^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2$, which is the sample variance [2] ; $\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i$ -

it

sample mean value (arithmetic mean) of the value X .

The sample variance s^2 is an estimate for the general variance σ^2 , and the algebraic representation of the mean value μ of the quantity X and the variance $\sigma_{x_i}^2$ in a random sample will be, respectively, the sample mean value \bar{x} and the sample variance $s_{x_i}^2$, taking into account the following correspondence from rule (32), we arrive at rule (37).

Example 2. Let's take the distribution series from example 1 with its characteristics. It is necessary to calculate the dispersion of measurement values according to the given theorem (32), rule (36) and standard deviations of measurement values, so we have:

$$\sigma_{x_1}^2 = \sigma^2 + (x_1 - \mu)^2 = 0.0095 + (1.3 - 1.61)^2 = 0.1056 \text{ MM}^2,$$

$$\sigma_{x_2}^2 = \sigma^2 + (x_2 - \mu)^2 = 0.0095 + (1.4 - 1.61)^2 = 0.0536 \text{ MM}^2,$$

we find similarly:

$$\sigma_{x_3}^2 = \sigma^2 + (x_3 - \mu)^2 = 0.0216 \text{ MM}^2; \sigma_{x_4}^2 = \sigma^2 + (x_4 - \mu)^2 = 0.0096 \text{ MM}^2;$$

$$\sigma_{x_5}^2 = \sigma^2 + (x_5 - \mu)^2 = 0.0176 \text{ MM}^2; \sigma_{x_6}^2 = \sigma^2 + (x_6 - \mu)^2 = 0.0456 \text{ MM}^2;$$

$$\sigma_{x_7}^2 = \sigma^2 + (x_7 - \mu)^2 = 0.0936 \text{ MM}^2.$$

Let's calculate the variance of the values of the general population according to the rule (36):

$$\sigma_{x_{(1)}}^2 = 0.0095 + [(1.3 + (1 - 1)(0.1) - 1.61)]^2 = 0.1056 \text{ MM}^2;$$

$$\sigma_{x_{(2)}}^2 = 0.0536 \text{ MM}^2; \sigma_{x_{(3)}}^2 = 0.0216 \text{ MM}^2; \sigma_{x_{(4)}}^2 = 0.0096 \text{ MM}^2;$$

$$\sigma_{x_{(5)}}^2 = 0.0176 \text{ MM}^2; \sigma_{x_{(6)}}^2 = 0.0456 \text{ MM}^2; \sigma_{x_{(7)}}^2 = 0.0936 \text{ MM}^2.$$

Therefore, if the variances $\sigma_{x_i}^2$ of the values of the quantity X are determined by features (31), by theorem (32) or by rule (36), then it can be seen that they have the same values.

The deviation of the measurement values will be:

$$\sigma_{x_{(1)}} = 0.325 \text{ MM}; \sigma_{x_{(2)}} = 0.232 \text{ MM}; \sigma_{x_{(3)}} = 0.147 \text{ MM}; \sigma_{x_{(4)}} = 0.098 \text{ MM};$$

$$\sigma_{x_{(5)}} = 0.133 \text{ MM}; \sigma_{x_{(6)}} = 0.214 \text{ MM}; \sigma_{x_{(7)}} = 0.306 \text{ MM};$$

We will control the calculation of the dispersion values of the quantity X according to the following theorem.

Theorem 2. If the general set of measurements has the volume k , the measurement of the quantity X is the volume k_G , the general variance σ^2 and the sum of the variances $\sigma_{x_i}^2$. of the values of the measurements, the variances $\sigma_{x_{(i)}}^2$. of the values of the quantity X have the following dependencies:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2}{2k} \quad (i = 1, 2, \dots, k); \quad (38)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x_{(i)}}^2 f(x_i)}{2} \quad (i = 1, 2, \dots, k_G), \quad (39)$$

where: $f(x_{(i)})$ are the probabilities of the value $x_{(i)}$ of the quantity X .

It follows from Theorem 1 of equation (18) that

$$\sigma_{x_1}^2 = \sigma^2 + x_1^2 - 2x_1\mu + \mu^2;$$

$$\sigma_{x_2}^2 = \sigma^2 + x_2^2 - 2x_2\mu + \mu^2;$$

.....

$$\sigma_{x_k}^2 = \sigma^2 + x_k^2 - 2x_k\mu + \mu^2,$$

We add the left and right parts of these equations, we get

$$\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2 = k\sigma^2 + \sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2 - 2 \sum_{i=1}^k x_i\mu + k\mu^2,$$

let's divide the left and right parts of this equation by k , we get

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2}{k} &= \sigma^2 + \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2}{k} - 2 \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} \mu + \mu^2 = \\ &= \sigma^2 + E(X^2) - 2E(X)\mu + \mu^2 = \sigma^2 + E(X^2) - \mu^2, \end{aligned}$$

taking into account theorem (27), we obtain $\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2}{k} = 2\sigma^2$, from this equation we

arrive

to dependence (38).

Let's assume that the general population matters $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(k_G)}$, Sumy

variances of measurements that have the same values $\sigma_{x_{(1)}}^2, \sigma_{x_{(2)}}^2, \dots, \sigma_{x_{(k_G)}}^2$, will be

such:

$$\sigma_{x_{(1)}}^2 kf(x_{(1)}); \sigma_{x_{(1)}}^2 kf(x_{(1)}); \dots, \sigma_{x_{(k_G)}}^2 kf(x_{(k_G)}).$$

So, $\cdot \sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x_{(i)}}^2 f(x_{(i)})$, will be the sum of the variances of the values of the general aggregates, taking into account the dependence (38), we obtain

$$\sigma^2 = \frac{k \sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x_{(i)}}^2 f(x_{(i)})}{2k} = \frac{\sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x_{(i)}}^2 f(x_{(i)})}{2},$$

Accordingly, Theorem 2 is proved. Two consequences follow from the theorem.

Corollary 1. If there is a general set of measurements, then the average variance ν_0^2 of the values of a discrete quantity and its average standard deviation ν_0 have the following form:

$$\nu_0^2 = 2\sigma^2; \quad (40)$$

$$\nu_0 = \sigma\sqrt{2}. \quad (41)$$

From equations (38) and (39), we obtain:

$$2\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2}{k} \quad (i = 1, 2, \dots, k); \quad (42)$$

$$2\sigma^2 = \sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x_{(i)}}^2 f(x_i) \quad (i = 1, 2, \dots, k_G). \quad (43)$$

From equations (42) and (43) it follows that the quantity $2\sigma^2$ is the average variance of the values of the quantity X . Denoting the average deviation of the quantity X with the symbol ν_0 , from equations (42) and (43) we obtain equations (40) and (41).

Corollary 2. If there is a random sample that represents the general set of measurements, then the average sample variance ν^2 and the average sample deviation ν of the quantity X will take the following form:

$$\nu^2 = 2s^2; \quad (44)$$

$$\nu = s\sqrt{2}. \quad (45)$$

The sample variance s^2 is a direct algebraic reflection of the general variance σ^2 . So, from dependencies (40) and (41) we arrive at correspondences (44) and (45).

The general dispersion σ^2 is considered to be a characteristic of the dispersion of the quantity X . In fact, the quantity X is the square of the mean squared deviation of the values of this quantity from its mean value μ . The average variance ν_0^2 is a numerical realization of the set of variances of all values of the quantity X , therefore the average

variance ν_0^2 is a better estimate of the dispersion of the quantity X than the general variance σ^2 .

Example 3. According to the series of distribution of the values of the general set of measurements of the excess given in the table. 1, it is necessary to control the calculations, determine the average variance and average deviation of the quantity X , for this we will find the volumes m_1, m_2, \dots, m_7 dimensions that matter $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(7)}$:

$$\begin{aligned} m_1 &= kf(x_1) = 100 \cdot 0.01 = 1; m_2 = kf(x_2) = 100 \cdot 0.03 = 3; \\ m_3 &= kf(x_3) = 100 \cdot 0.18 = 18; m_4 = kf(x_4) = 100 \cdot 0.49 = 49; \\ m_5 &= kf(x_5) = 100 \cdot 0.23 = 23; m_6 = kf(x_6) = 100 \cdot 0.04 = 4; \\ m_7 &= kf(x_7) = 100 \cdot 0.02 = 2; \end{aligned}$$

CONTROL: $\sum_{i=1}^7 = 1 + 3 + 18 + 49 + 23 + 4 + 2 = 100$, Let's find the sum of the dispersion values of the quantity X

$$\sum_{i=1}^7 \sigma_{x_i}^2 = m_1 \sigma_{x_1}^2 + m_2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + m_7 \sigma_{x_7}^2 = 1.9 \text{ MM}^2.$$

Control of the calculation of the variance of the values of the quantity X will be carried out according to the formulas (38) and (39):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{x_i}^2}{2k} = \frac{1.9}{2 \cdot 100} = 0.0095 \text{ MM}^2$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^7 \sigma_{x_i}^2 &= 0.1056 \cdot 0.01 + 0.0536 \cdot 0.03 + 0.0216 \cdot 0.18 + 0.0096 \cdot 0.49 + \\ &+ 0.0176 \cdot 0.23 + 0.0456 \cdot 0.04 + 0.0936 \cdot 0.03 = 0.019 \text{ MM}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k_G} \sigma_{x(i)}^2 f(x_i)}{2} = \frac{0.019}{2} = 0.0095 \text{ MM}^2 \quad (i = 1, 2, \dots, k_G).$$

Using formulas (40) and (41), we find the average variance and the average deviation of the value X :

$$\nu_0^2 = 2\sigma^2 = 2 \cdot 0.0095 = 0.019 \text{ MM}^2; \quad \nu_0 = 0.0975 \cdot \sqrt{2} = 0.138 \text{ MM}.$$

Summing up, we can say that the obtained formulas (32) and (36) can be used to quickly determine the variance of the values of the general sets of measurements and establish the weights of these measurements in relation to the closedness of geodesic constructions [4], this makes it possible to distribute inviscid directly into the values of

chi measurements and to obtain more accurate general average values of measurements.

The resulting formulas (40), (41), (42), (43) make it possible to find the average variances and average deviations of measurements of general and sample sets of measurements.

Conclusions. Properties of true errors.

1. In a closed equalized system, true errors do not accumulate, but are compensated.

Conclusions:

2. Two statements of the theory of measurement errors are substantiated.

3. The average variance is a general characteristic of the dispersion of a random variable. It is a better estimate of the dispersion of a value than the general variance

4. Correspondences (23) are properties of the normal distribution curve.

Prospects for further investigations in this direction are to establish distribution laws, properties of position characteristics and dispersion of random variables that acquire values in the point set of the interval (17).

Conclusion general. The dispersion values of geodetic measurements, and therefore the accuracy of the measurements, depend on the degree of quantization $[Q]$ and the range R of the measurements. High-precision measurements are usually performed with a constant degree of quantization. Therefore, in order to reduce the dispersion of measurements, measurements must be carried out with such devices, the use of which reduces the range of R measurements, for example, in the case of angular measurements and leveling, smaller ranges of measurements are obtained when using total stations, theodolites and levels, the sight tubes of which have larger diameters of the inlet holes.

Prospects for further research in this direction are in the development of new methods for equalizing measurements of elements of closed systems of circles K, M of geodesic constructions [7], in determining the accuracy of equalized elements of such systems, in finding the most probable values of dispersions of the results of adding aggregates of measurements and in the established laws of distribution [8, 9] discrete values that take on values within their probable range R .

1.2 Surface water management plan in modern city

Surface water management plan is very important for every modern city. In general, such plan outlines the preferred surface water management strategy for every small part of the city particularly and general unified plan for a hole city. Such plan should take into account all local advantages and disadvantages for every street of the city. Thus, in order to prepare a concept of the surface water management plan for particular city we need to take an experience for other similar city or cities. Analyse all positive aspects of their plans and pay attention to all problems with they still face with. In Lviv this problem become more and more important, especially in recent decades (fig 1).



Fig. 1. Flooding of the central part of the city Lviv during rains.

As a base city for cooperation for preparing surface water management plan can be the city with similar sewers networks and climate conditions. So, as a base city can become London, which have a lot of common characteristics with Lviv. For example, London passed through its sewers networks as Lviv. The combined sewer system built by Joseph Bazalgette more than 150 years ago has served to the city well, but it was designed for small towns with more green areas. Exactly as in our case. The combined challenges of London's growing population, changing land use and climate change mean that if they continue to rely on our current water and sewer systems, all city

citizens are at risk the increasing life of the flood front. Thus, in order to keep their existing and planned water infrastructure and avoid the greater risk of flooding, they needed to change the way London's water system works. Rain should be managed as something useful rather than wasteful [10]. The same problem stands in front of Lviv nowadays. We must bring back the inexhaustible surface water. They should be replaced with "sustainable drainage" systems that mimic nature's way of managing rainwater and add to the functionality provided by our drains and sewers. The need for sustainable water supply is now being recognized globally and is being incorporated into our local and regional planning processes. This action plan recognizes the need to raise awareness and improve sustainable water systems across Lviv. It has a series of actions to make our water system work normally, which will bring many different benefits, including:

- steadily reducing flood risks by easing the burden on our drains and sewers
- reducing pollution of our tributary rivers and streams
- creating more pleasant landscapes, streets and settings for Lviv's buildings
- providing opportunities to save water

The main goal of the surface water management plan program is to improve sustainable water systems for existing buildings, land and infrastructure. It is understood that financial pressures mean that there will not be direct funding for large-scale watershed improvement programmes [11]. Instead, the key is to identify when and where maintenance, repair, or improvement projects are planned, and identify opportunities to improve sustainable drainage as part of the project. In this way, permanent drainage can be introduced at low cost. In some cases, these processes can also save money, for example when 'reclaimed' rain represents large amounts of water used for irrigation, toilet flushing or car washes. The action plan should aims to set a direction for the next 20 years, but includes 40 specific actions for the next five years. Thus, we need to analyse the surface water management in London and try to modify it according to Lviv's realities.

Surface water is the rain that falls on the city; on the ground, in the street, on the road, on the roof, in the park and in the garden [12]. Flooding When water does not

enter the ground or flow through the drainage system properly, but instead sits or runs off the ground, it can cause flooding. While London is now well protected from the Thames flood, it has little protection against surface flooding. The London Regional Flood Risk Assessment (RFRA) identifies the major risks of surface flooding in London (GLA, 2014). He identifies London's over-development, unaffordable high-rises and a general lack of registration as problems.

The Mayor's Climate Change Action Plan (GLA, 2011) identified the risk of surface flooding as the most significant short-term climate risk for London. In 2007 other parts of the country, including parts of West England, Sheffield, York and Hull, experienced severe flooding. This comes from high water following heavy rains, and from the river as rainwater flows through it. London was spared the worst of these storms. However, it is clear that if these storms were concentrated in some parts of London, it would have caused great problems, great economic impact and a long recovery time, especially if a large infrastructure has been affected.

In London there are many local examples of surface flooding - the most recent during the summer rains in 2015 and 2016. Using sustainable drainage systems will help reduce the impact of floods. these winds. Water quality the water quality of London's rivers is generally poor to moderate. Of the 41 London boroughs assessed under the Thames River Management Plan in 2015, three were rated as poor, five as poor and 33 as moderate. No water is listed as good or very good. Division may change from year to year. The overall objective of the EU Water Framework Directive is to improve the water quality of rivers and lakes [13].

However, it is clear that there is considerable room for improvement in London. Removing pollutants from surface water discharges will be an important part of any improvement. Many sustainable drainage systems can help with this. A sustainable water supply will also help maintain healthy growth in our own rivers, which will further contribute to improving the health of these rivers. London's drought is often mistaken for a rainstorm. However, London (and indeed all of Southeast England) is classified as "hard" water. This means that more water is removed from the environment than the environment can support in the long run. Fifty-five percent of all

rain that falls in the Thames Valley is captured and used. That's more than anywhere else in the UK, and almost anywhere else in the world. London is prone to drought, and it takes twice as many winters in a row to create a water supply problem. In 2006 and 2012, London experienced severe droughts, and in 2012 it only avoided severe water restrictions by having the most rainfall in a century [14].

Some sustainable irrigation systems retain water for later use, either through a direct rainwater harvesting system or indirectly through irrigation. It is also important that permanent lawn systems are resistant to rain and that permanent irrigation of new green infrastructure does not require large amounts of water during dry weather. Surface water management challenges the frequency and severity of furtherance floods, droughts and poor water quality in London depends on a number of factors. Some of these are physical, some are social, and some are from the historical development of London, while others are the result of projected future trends. These are explored in detail in the following sections. The climate of the future will be very different from the past. Southeast England is expected to experience heat, monsoons and heat and temperatures. It is also expected that there will be frequent extreme weather events, such as extreme heat and heavy rain.

By mid-century, the chance of a storm flooding the river system will drop from 1 in 30 (3.3%) to 1 in 13 (7.7%), one year of pregnancy (UK IPC, 2002). Like all cities, London has a high number of impervious surfaces, which prevent water from entering the ground. On top of this, the clay soil found under the part of London reduces the amount of infiltration, which causes the water to come to the surface. This is often used as a reason not to install a permanent waterproofing solution. However, there are different methods of drainage that do not depend on the installation. Soil in many places has a certain degree of permeability and should be tested as a best practice (BRE, 2016). London also has an ancient drainage system. Always built to a very high standard, it was designed to handle storms with a lower return period than is currently used and to cater to the needs of smaller populations. In general, the drainage system can be divided into two different systems. In central and central London there is a combined sewer system that carries both rainwater and sewage through a single pipe

and sewer to the sewage works in Beckton and Crossness. The main challenge with combined sewers is that rainwater can quickly fill sewers. This leads to the flow of untreated sewage into rivers (especially the Thames) and rainwater. These are known as Combined Sewer Overflows (CSOs).

In 2014 the government gave permission for the Thames Tideway Tunnel (TTT). The project is seen as necessary to address the current problem of bridging the sewers flowing into the river Thames. The main cause of these problems is rainwater flowing into the combined sewer system. The TTT will not increase the capacity of the combined sewer system but will prevent all but the worst sewers from flowing into the Thames. Thames Water is moving ahead with applications for the Counters Creek relief canal in the Kensington and Chelsea/Hammersmith and Fulham area. This will solve the sewage and flood problems in the area.

Outside of London, there are separate systems that deliver rainwater to local catchments and sewage to sewage treatment plants. There are two main problems with different liquid systems. First, there is the widespread problem of "unsanitary" contamination from pipes installed in surface water systems in various sewer areas. This means that untreated sewage ends up in local waterways. Second, there is a feeling of "early harvest" after the rain. This is especially important when it is dry for a long time. The storm had the effect of washing the surface of the city into rivers and streams. It picks up trash (such as leaves and bird/animal droppings), human waste/debris, tires, metal, and motor water from the surface of the road. This has serious implications for the water quality of these streams. It is increasingly complex and expensive to increase the capacity of London's drainage system using traditional pipe networks, such as the Tideway Tunnel and Counters Creek projects. This is due to the need for large scale and comprehensive analysis of many roads. It is also important to work on and around the large infrastructure that is currently under many roads.

Public Flood Risks Most affect the poorest communities. The poorest people tend to live in areas that are at risk of flooding. They most likely have insurance to cover any loss or damage. They are also likely to be able to install flood barriers or moving systems. So this flood could affect the poorest people in London. Over the past

few decades, many front gardens (and to some extent, back gardens) have been covered with impenetrable vegetation. Plans vary, but two-thirds of the front yard is covered at least partially with non-herb cover (London Assembly, 2005). The average annual loss of grassland in London is equivalent to 2.5 Hyde parks (London Wildlife Trust, GiGL GLA, 2010). A recent study for the Royal Horticultural Society also suggested that almost a quarter of London's gardens have been fenced off (RHS, 2015). This put increasing pressure on our water system. Not only must it be stopped, but changed if the risk of flooding is to be addressed. Over the past 25 years, London's population has grown dramatically, by almost two million people. The London Plan estimates that the population will be over 9 million in 2020 and nearly 10 million in 2031. The London Infrastructure Plan suggests that by 2050 the population will - more than 11 million. The increase in population will certainly increase the sewage demand for water. If it is planned and organized in a traditional way, the increase in population will also lead to an increase in the area that cannot be done. Such actions will worsen the pressure on the water and the water system of the country, potentially increasing the risk of floods and droughts. Thames Water has mapped the impact of predicted population growth on London's climate change and its vulnerability and linked canals to understand how they will cope with these challenges in the future [14].

It shows that for frequent rainfall events in 2050 (expected to average once every two years), some areas of London will not have enough water for irrigation capacity to manage water is expected. This will lead to a greater risk of flooding of surface water and canals. Figure 2 shows the graphical output of this model for the year 2050. The red areas on the map are where the system is expected to exceed capacity and where flooding is expected.

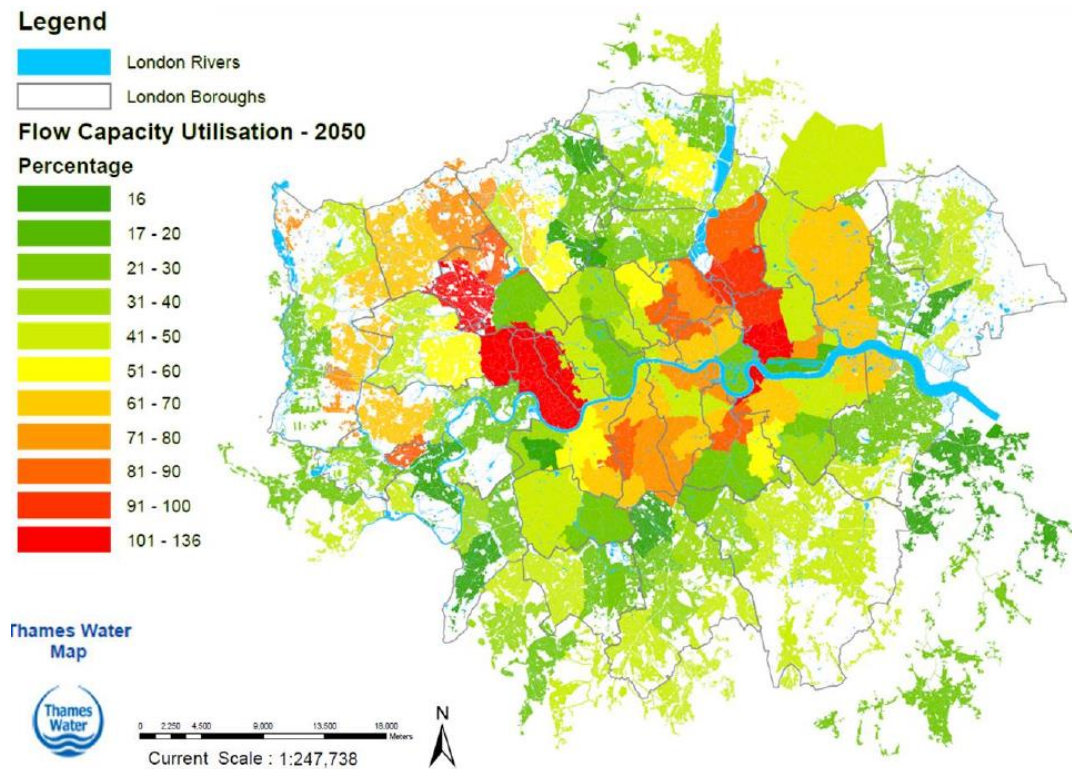


Fig. 2. Modelled foul and combined sewer capacity for the 2050s.

Thus, then can become a good starting point for our plan before moving to next steps. And one of them is sustainable drainage. In order to achieve that we need to analyse how his goal was achieved by others and especially in London. The purpose of this approach is to outline a long-term strategy and action plan to implement sustainable water management. This method emphasizes using the best method or combination of methods for a building, development, land or region. This program should not be used to suggest that certain methods may or may not be used [15]. It wants to be involved in various organizations that will make the use of drainage sustainable for a long time. To accommodate long-term uncertainty, the plan makes tough, short-term decisions and sets long-term direction.

Implementation of the action plan should be monitored, and progress will be reported annually. If necessary, the practices will be changed and new practices introduced. The action plan should be reviewed, and progress will be reported annually to allow review of the process and evaluation of new opportunities. Quantities of known sustainable drainage system improvement projects will be reported along with discharge areas, volumes, and flow rates, where available (fig. 3).

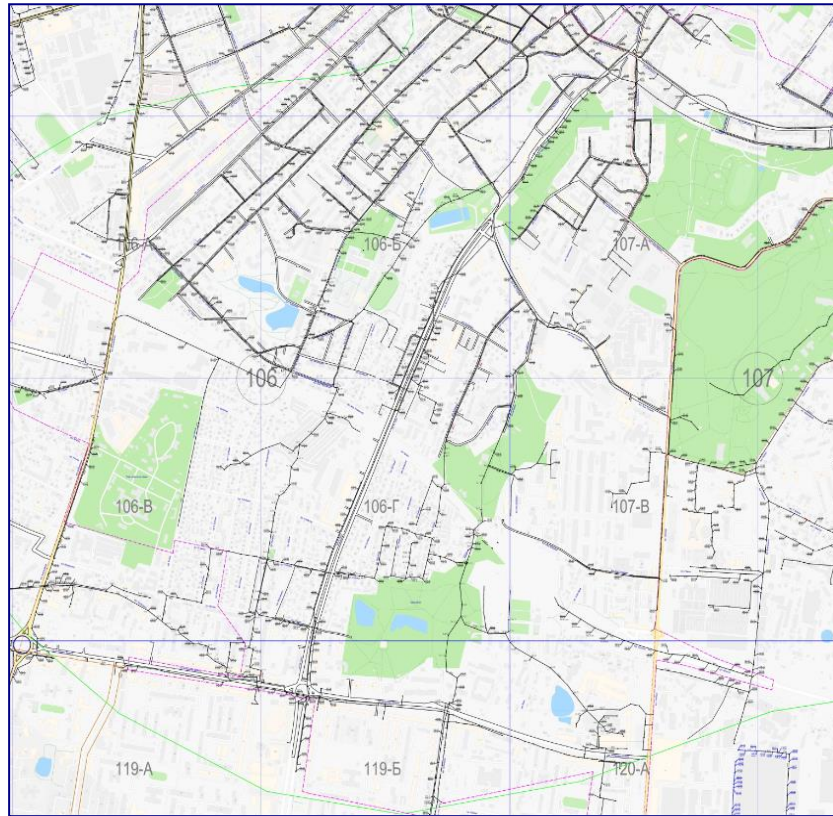


Fig. 3. The territory of the Frankivsk district in the city of Lviv with the tracing of sewage networks

The action plan should be reviewed, and progress will be reported annually to allow review of the process and evaluation of new opportunities. Quantities of known sustainable drainage system improvement projects will be reported along with discharge areas, volumes, and flow rates, where available. Measuring the online impact of the program and the above flood is, however, recognized as a difficult task. Several climate changes, new development trends, economic trends, water consumption patterns and investments in sewers and water infrastructure will change everything that goes into the sewers. However, in the interest of having a simple and reliable metric to report on, we will work with Poltava Water and others to develop a simple and useful measure of average and/or peak and point in the sewage network. This will be evaluated to determine the success of the program (fig. 4).

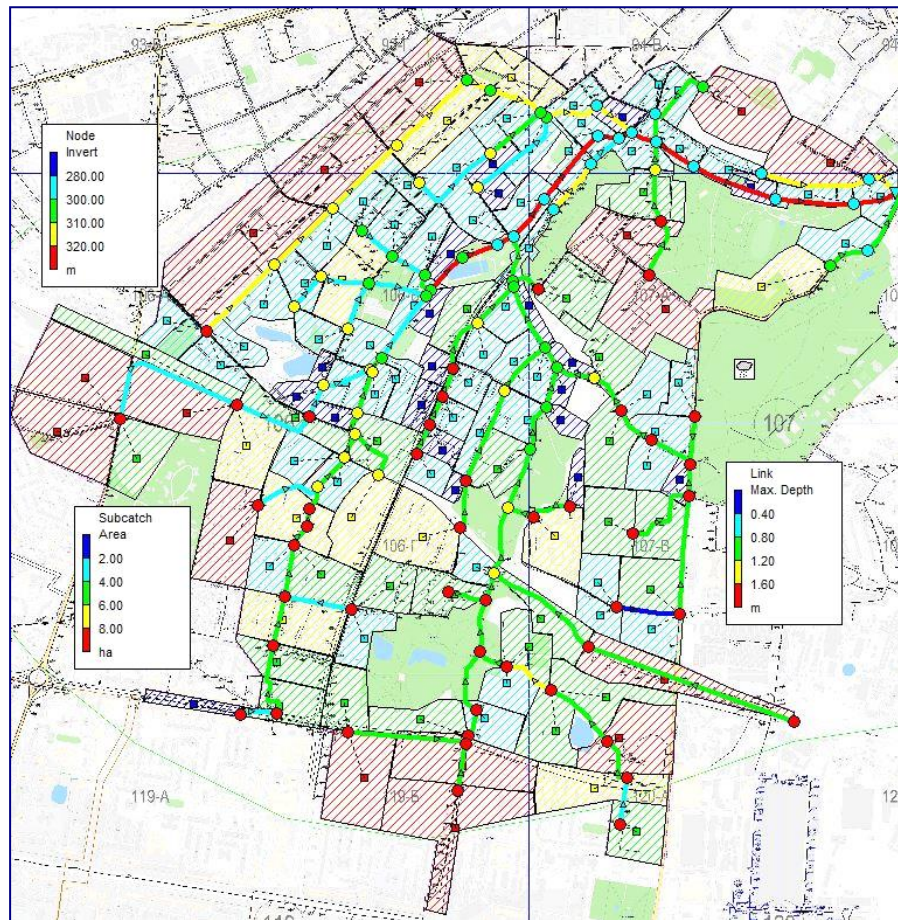


Fig. 4. Modelled foul and combined sewer capacity for the Frankivsk district in the city of Lviv.

We will be developing an online sustainable water mapping tool, where we will collect information about sustainable water projects to be delivered across the city. There are many opportunities to manage rainwater more sustainably, but often-quoted reasons why sustainable drainage techniques cannot be implemented or are limited apply. These include the presence of clay soils, ground contamination, and high groundwater. Part of the Drain London project is to map the opportunities for sustainable drainage at a London wide scale. The project will focus on any areas where there are either good or limited prospects for implementing drainage in a sustainable way. The findings from this project will be made available later this year. Maintenance is an important part of Drain London [14]. However, it's also worth investigating if there are any limits on the type or amount of sustainable drainage that can be implemented. For example, the installation of an inlet system can lead to long-term changes in the water level of the ground, and many small storage tanks require pumps

to remove rainwater when storms are likely to grow. This will be taken into account in future program revisions. However, the situation at the beginning of this plan is that it is necessary to increase the use of water permanently. As such, the implementation of existing opportunities should not be suspended or resisted in any way pending long-term research.

Evidence from planning applications sent to the mayor shows that many applications in recent years have included plans to reduce storm surges. These reductions are usually in the cost of clean site drainage but are almost always at a reduction of at least 50% of the previous site surface drainage. A small number of proposed developments on greenfield sites have included the cost of green fields. There is little monitoring and development planning. However, these are expected to provide few strategies for sustainable water management, especially at the household level. There are indications that in some cases creating an attenuation plan to reduce the peak for large events may mean that the reduction for the low return period is not necessary.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.1.3

1.3 Using of neural network to estimate leakage rate in water distribution networks

An artificial intelligence technique known as a neural network teaches computers to interpret data similarly to how the human brain does. Deep learning is a sort of machine learning that employs interconnected neurons or nodes in a layered structure that is similar to the human brain. It develops an adaptive framework that enables computers to continuously learn from their errors. Artificial neural networks strive to more accurately complete challenging tasks like document summarizing or facial recognition.

An artificial intelligence technique known as a neural network teaches computers to interpret data similarly to how the human brain does. Deep learning is a sort of machine learning that employs interconnected neurons or nodes in a layered structure that is similar to the human brain. It develops an adaptive framework that enables computers to continuously learn from their errors. As a result, artificial neural networks strive to more accurately complete challenging tasks like summarizing papers or identifying individuals. Neural network is a mathematical model that is based on the structure and operation of biological neural networks, which are networks of nerve cells in a living creature. This idea came about as a result of research into and attempts to simulate various brain operations. The neural networks of U. McCulloch and U. Pitts were the source of the first such demand. Following the creation of training algorithms, the resulting models were put to use in real-world applications, such as forecasting, pattern recognition, control, etc.

An artificial neural network (ANN) is a network of interconnected and communicating basic computers. Particularly when compared to processors found in home computers, these processors are typically fairly straightforward. In a network like this, each CPU solely deals with signals that it periodically receives and periodically sends to other processors. Nevertheless, even individually simple processors are still

capable of doing complex tasks when joined in a sufficiently large network with controlled interaction. Computers can make intelligent decisions with minimal human input thanks to neural networks. They are able to research and model the connections between complicated and non-linear input and output data. The following are some examples of tasks that neural networks can carry out.

Write a summary and make judgments.

Without additional training, neural networks are able to comprehend unstructured data and draw broad conclusions. For instance, they can distinguish between two inputs that have the same meaning:

- Could you please explain the payment process?
- Where can I send money?

Both sentences' meanings will be understood by the neural network. Additionally, it can establish that Baxter Road is a location and Baxter Smith is a name. Neural networks have various applications across industries. They can be used for:

- medical image classification,
- social network filtering for target marketing,
- financial forecasting using historical data,
- predicting electrical load and energy demand.

Neural networks also aid in ensuring compliance with requirements and quality control, as well as determining chemical compounds. These are some of the most important tasks that neural networks help to solve.

Machine vision.

Machine vision is the ability of computers to extract information and meaning from images and videos. With the help of neural networks, computers can distinguish between pictures in the same way as humans. The ghost is used in many areas, for example:

- Interviewed with auto cars to respond to traffic signals and other traffic
- Satisfaction for the deletion of a dangerous or unnecessary images and video places

- Helbrance to identify people and find out the events as soon, the glasses and the File
- Image for the identification of the icon, clothes, tools and other info

Voice recognition.

Voice recognition can analyze human speech regardless of its pronunciation, intonation, tone, language, and tone. Virtual assistants like Amazon Alexa and automatic translation software use speech recognition to perform the following tasks:

- User assistance and automatic call notification
- Real-time translation of clinical advice into documents
- Accurate captions for videos and meeting recordings for broad content coverage

Natural language processing.

Natural Language Processing (NLP) is the ability to process natural text from humans. Neural networks help computers extract information and meaning from data and text documents. NLP has many application areas, including:

- Virtual agents and automated chats
- Automatic processing and processing of recorded data
- Business analysis of long documents: such as emails and forms
- The list of key phrases shows the situation: as good and bad words in social networks
- A summary of the literature and the generation of the given subject and subject

Recomendations Services.

Neural networks can track user behavior to generate personalized recommendations. They can also analyze all user behavior and identify new products or services that interest a particular user. For example, Philadelphia-based startup Curalate helps clients turn social media into sales. Brands use Curalate's Intelligent Product Marking (IPT) service to automate the collection and classification of content from social media users. IPT uses neural networks for automatic search and product

recommendation that match the user's activity in social networks. Consumers don't need to dig through online catalogs to find a particular product based on social media images. Instead, they can easily buy the product with Curalate's auto sign.

How do neural networks work? The structure of the neural network replicates the structure of the human brain. Human brain cells, called neurons, form complex networks that are highly interconnected and send electrical signals to each other, helping people process information. Similarly, a functional neural network consists of neurons that interact to solve a problem. Artificial neurons are programmable modules called nodes, and artificial neural networks are programs or algorithms that use computer systems to perform mathematical calculations.

Architecture of Neural Networks

A basic neural network consists of three layers of interconnected artificial neurons:

- Input layer

Information from the outside world enters the neural network through the input layer. The input node processes the data, analyzes or categorizes it and passes it on to the next layer.

- Hidden layer

Hidden layers receive input from the input layer or other hidden layers. A neural network can contain a large number of hidden layers. Each hidden layer analyzes the output data of the previous layer, processes it and passes it on to the next layer.

- Output layer

The production machine provides the final result of the processing of all the data through an artificial neural network. It can have one or more nodes. For example, when solving a binary (yes/no) sorting problem, the output layer will have an output node, which will give the result \"1\" or \"0\". However, in the case of multi-level processing, the output layer may include multiple nodes.

Architecture of deep neural networks is following. A deep neural network or deep learning network consists of many hidden layers with millions of interconnected neurons. A number called a weight indicates the connection between a node and others.

Weight is a positive number if one node stimulates another, or a negative number if one node inhibits another. A node with a higher weight value has a greater influence on other nodes.

Obviously, a deep neural network can match any type of input to any type of output. However, it should be considered that they require more complex training than other machine learning methods. These algorithms require millions of examples of training data, not hundreds or thousands as in simple networks.

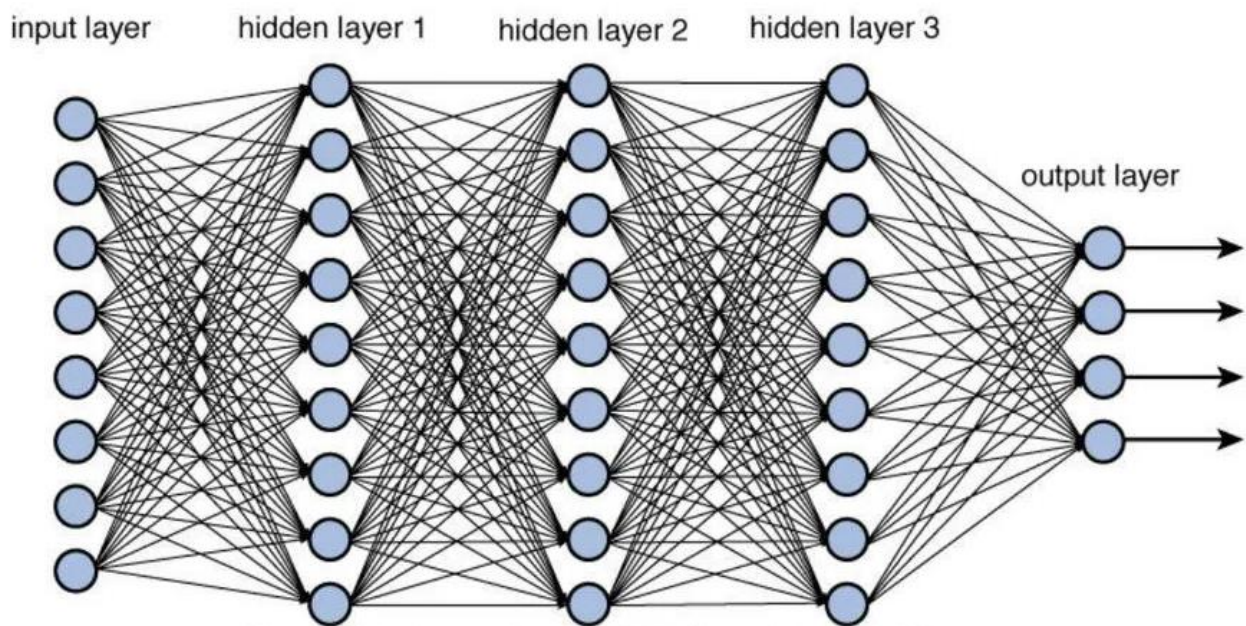


Fig. 1. Deep neural network architecture with multiple layers.

So, everyone may ask: what types of neural networks are there? Artificial neural networks can be classified based on how data is passed from input nodes to output nodes. Here are some examples.

- *Continuous Propagation Neural Networks*

Routing neural networks process data in one direction, from input nodes to output nodes. Every node in one layer is connected to every node in the next layer. Neural networks that feed forward use feedback mechanisms to improve predictions over time. Backpropagation algorithm

Artificial neural networks are regularly trained using self-correcting feedback loops to improve their predictive analytics. Simply put, it is data that travels from an input node to an output node in many ways in a neural network. Only one correct path

that maps the correct entry and exit points. To find this path, the neural network uses a feedback loop that works like this: Each node plans for the next node in the path. It checks if the idea is correct. Thresholds assign higher weight values to nodes that lead to correct inferences, and lower weight values to nodes that lead to incorrect inferences. For the next data point, the node makes a new prediction using the path with higher load, and repeats step 1.

- *Convolutional Neural Networks*

The hidden layers of the convolutional neural network perform some mathematical operations (eg, summation or filtering), which are called convolutions. They are very useful for image processing, as they can generate useful matching features for recognition and processing. The new model is easy to configure without losing the functions that are essential for the right idea. Each hidden layer captures and processes different features of the image: scale, color, and depth.

Also, the next important question is: how are neural networks trained? Neural network training is a method of training neural networks to perform tasks. Neural networks are trained from the initial processing of many large sets of labeled or unlabeled data. Based on these examples, the network can handle unknown input data well.

In supervised learning, data scientists come up with artificial neural networks labeled sets of data that give the correct answer in advance. For example, a deep learning network trained to recognize faces processes hundreds of thousands of images of human faces with different terms related to ethnicity, country, or emotion describing each image. A neural network gradually collects knowledge from these data that provides accurate answers in the future. After the training, the network begins to make assumptions about the race or emotion of a new image of a human face that it has never seen before.

What is deep learning in neural networks? Artificial intelligence is the branch of computer science that studies how machines can perform tasks that require human intelligence. Machine learning is an artificial intelligence technique that allows computers to access large amounts of data for further training. Machine learning

software finds patterns in existing data and applies those patterns to new data to make intelligent decisions. Deep learning is a type of machine learning that uses deep learning networks to process data.

Machine learning and deep learning. Traditional machine learning methods require human assistance for the software to function properly. A data scientist manually defines a task that is important for the software to analyze. This limitation makes building and maintaining software a tedious and time-consuming process. In contrast, in deep learning, data scientists provide only raw data and software. A deep learning network automatically generates strategies and learns more on its own. It can analyze unstructured data (for example, text documents), prioritize data features, and solve complex tasks.

For example, when you're training software and machine learning algorithms to correctly recognize the image of a pet, you'll want to take the following steps:

- Find and manually tag thousands of pet images: cats, dogs, horses, hamsters, parrots and more.
- It will tell software with machine learning algorithms which features should be found so that it can identify images by subtraction. For example, it can count the number of feet, then look at the shape of eyes, ears, tail, color of fur, etc.
- Manually review and edit tagged data records to improve software accuracy. For example, if your training set contains many images of black cats, the software will correctly identify black cats, but not white ones. With extensive training, the neural network will process all the images and realize that they need to first analyze the number of legs and the shape of the face and then look only at the tail in order to correctly identify the animal on the screen.

Due to the rapid population growth and industrialization, water resources are under extreme pressure. Water is a finite resource, and as such, its management should be done to ensure that the least amount possible is used. This fact makes the problem very important. Also, more than 40% of treated water is lost as non-revenue water in some countries. One such aspects is leakage. Usually, the water distribution system experiences water loss. An average of 36% of the total water loss for the City of Harare

is lost through leakage. Leakage is influenced by factors such as pipe age, pipe material, pressure, soil type, and pipe laying technique. Four fundamental leakage management strategies were suggested by the International Water Association (IWA)

- (i) pressure management;
- (ii) active leakage control;
- (iii) speed and quality of repair;
- (iv) pipeline asset.

Water loss management nowadays is a key priority for all cities in many countries. But at the same time management of the water losses wasn't an easy task in all times for all water management organizations. The main reason for that is the complex nature of the water distribution networks and complex water demand during the day.

Let's consider the concepts and principles of the learning process of a neural network. The process of learning ANNs is the process of setting up the network architecture (structures of connections between neurons) and weights of synaptic connections for effective solution of the task. The training of the neural network is carried out on the basis of the training one data sampling according to a certain algorithm. There are three paradigms of ANN learning:

- Learning with a teacher
- Learning without a teacher
- Blended learning

When learning the network with the teacher, the correct answers are known to of each input data example, and the weights are adjusted to minimize a mistake. Among the majority of algorithms, learning with a teacher is the most successful there is an error backpropagation algorithm. The main idea of the algorithm is in that the change in the weight of synapses takes place taking into account the local gradient of the error function. The difference between real and correct responses of the neural network, which are determined at the output layer of the ANN, propagates in the opposite direction - towards the flow of signals. As a result, each neuron could determine the contribution of each of its weights to total network error. The simplest learning rule

corresponds to the method coordinate descent, that is, the change in synaptic weights in proportion to their contribution to common mistake.

Among the shortcomings of the algorithm, an indefinitely long process can be distinguished training, which may arise in cases of:

- Network paralysis: in the process of learning the neural network, the value of the weights can become very high as a result of correction. Majority neurons will function in the region where the compressive derivative function has very little value.

- Local minima: the network may fall into a local minimum, when a deeper minimum is nearby.

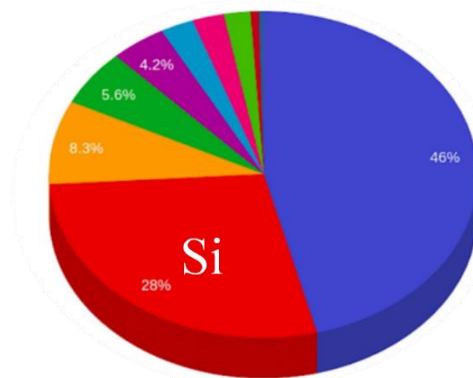
There is also an option to retrain the network. The whole set of images, provided for training will be learned by the network, but any other images, even those that are similar may be misclassified. To train ANN to estimate leakage rate in water distribution networks we need to collect a list of complex data sets and all available information about water supply and network characteristics for specific cities. As one of the most important parameters which is required for modeling process is water demand information. Namely, detailed information about actual consumption in the city in real time mode during some period. Complex analysis of similar research showed that information about the flow should be logged over a 24-hour period in at least 15-minutes interval over 24 hours on each of the days. Thus, the sampling period will consist of at least a 15-day interval with 24-hour data for all distribution networks. Also, one of the most important requirements is amount and distribution over the networks logging points which collect data. Uniform distribution is a key to creating, configuring, and training ANN. Logged data should be spited into next categories: (I) the training group (70%) of the data; (II) the validation group (15%) of the data; (III) the test group (15%) of the data. The next step should be the construction of training inputs and targets. Then the neural network should be constructed and trained. After that, following the testing of the network performance phase. Finally, the comparison of the simulated water flow and the actual flow. The less the error the more the forecast accuracy.

SECTION 2. COMPUTER SCIENCE

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.2.1

2.1 Connectionism: facets of noon-models of digital twins on nD switching patterns by Berezovsky

The third industrial revolution – a symbiosis of mathematics, intelligence, scientific methods, and new silicon (semiconductor) technologies *Si* (*Si* being one of the most common elements in the environment, in Fig.1) – has led to the start of the digitization process (in a broad sense) – the development and implementation of digital transmission systems at the level of primary networks, switching and control devices, enabling the transmission and distribution of information flows in digital form at the level of secondary networks, as well as the rapid development of electronic computers.



Photos from open sources

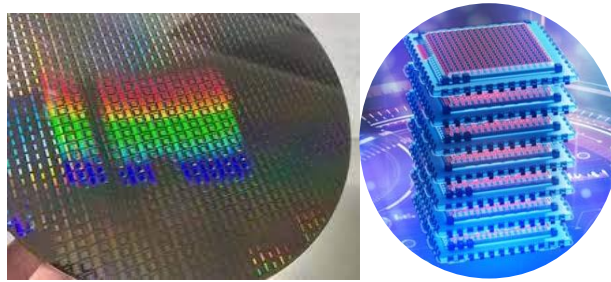
Figure 1. Silicon *Si* is one of the most common elements of the medium.

The evolutionary development of computer technology on new silicon technologies involved: reducing dimensions, transitioning to more advanced components, increasing computational power, expanding the capacity of random-access memory and permanent storage devices, enabling widespread application in various industries, and providing computer personalization.

The late 1960s brought new transformations to computer technology: the degree of integration increased (allowing for the placement of all system components on a single board, known as the planar technology, in Fig.2; integrated circuits were developed,

consisting of a chain of transistors combined on a semiconductor wafer; semiconductor and memristor memories emerged as the primary memory elements. The increase in integration level enabled faster processing, reduced power consumption, improved precision through better component alignment, and increased reliability.

A distinctive feature of silicon technology is the placement of electronic components on silicon wafers in a planar configuration, in the form of microchips, large-scale integrated circuits, and various-purpose processors in Fig.2.



Photos from open sources

Figure 2. Planar design of electronic components *Si* technologies.

The processes of technological design of *Si*-techniques, which occur using corresponding "planar" objects (line, plane), are interpreted as occurring in Euclidean three-dimensional space (*3D*) in Fig.3. To describe the processes that take place in space, a coordinate system is introduced, which serves as a reference system (parameterization of space).

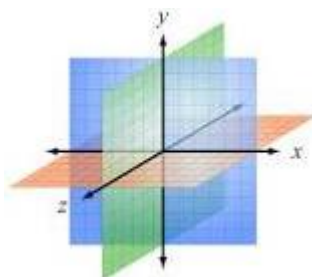


Figure 3. Euclidean three-dimensional space (*3D*).

This space is called three-dimensional because it has three homogeneous dimensions: length, width, and height. In other words, three-dimensional space is

described by three orthogonal unit vectors. In the three-dimensional Euclidean space where the mentioned processes take place, which involves the development (design) of elements (boards) and racks, cabinets (for placement or containerization) of computer technology, a basic fixed Cartesian coordinate system $Oxyz$ with zero curvature ($\kappa=0$) is introduced.

Components of computer technology, using a metaphor, are placed/containerized on boards using "planar" technology, from which blocks, modules, and boards are composed, which, in turn, are structurally combined into racks, and racks are placed in cabinets. Cabinets are located in "machine" rooms (based on "planar" technology) and are an integral part of implemented projects for modern complexes, architectures, and networks in Fig.4.



Photos from open sources

Figure 4. Containerization of computer equipment.

Let's note in particular that silicon digital technologies have enabled explosive growth in electronics, telecommunications, and have «opened the doors» for space expeditions, biotechnological research, and the formation of the Internet. However, a computer as a device/system has remained capable only of automatically executing a given, modifiable sequence of operations aimed at enhancing, accelerating, improving, and developing human computational capabilities. The symbiosis of mathematics, intelligence, and scientific methods gave a new breath to the pioneers of artificial intelligence in the 1950s, who set an incredibly bold but clear goal for themselves: to transition from being mere «helpers» to the category of «intellectuals». In other words,

the use of computers for simulating human intelligence, which is not necessarily limited to biologically plausible methods.

Existing intelligent systems today have fairly narrow application areas. Component-based artificial intelligence is a simplified version of artificial intelligence implemented in a subject-informational form, allowing for the imitation of individual components of natural-intellectual thinking [22]. For example, programs capable of defeating humans in chess, answering questions, machine translation of text, expert systems, *Chat GPT* – those that are empirically (experimentally) determined by psychology.

The global community is rapidly approaching the creation of "general-purpose AI," increasing the speed of chips, enhancing the performance of computer systems while simultaneously expanding the volumes of containerization and occupied territories. However, as Robert Colwell (one of the experts at *DARPA*) noted, there was a time when the clock frequency of chips increased in 5000 in 30 years, from 1 *MHz* to 5 *GHz*, while architectural improvements during the same period led to a 50-fold increase in performance.

The solution to this issue is currently replaced by the development and production of complex multilayered structures (with more than 50 layers) and combined structures. In other words, we see that the processes of development and compacting/containerization - the "constructive packaging" of computer technology - are also based on outdated planar technology. And all of this is the result of an outdated planar paradigm that "relaxes" creators/theorists in developing new multidimensional (spatial) models of basic elements/modules for new volumetric integrated technologies that should motivate/interest/stimulate researchers/practitioners to develop parallel architectures and new three-dimensional semiconductor technologies.

Progress doesn't stand still, and the modern market demands the rapid creation of new digital products for computer technology, hybrid systems, and artificial intelligence. Today, in the overwhelming majority of cases, the human operator/solver/designer has to deal with symbolic information in intelligent systems rather than numerical information. It is worth noting that humans possess specific

cognitive systems: firstly, reasoning, intelligence, or symbolic thinking, and secondly, perception and imaginal thinking. These two systems exist in humans as a «seamless whole» [23].

The imaginal system of humans is characterized by remarkable speed in processing images and the integrity of imaginal representations. The physiological ability of the human operator to perceive light electromagnetic radiation with the eye, transform and «reflect» information about this radiation in the human brain as associative images, expands the possibilities of using imaginal models and allows the designer to engage in the process of finding a solution to a real scientific problem under natural conditions.

The human operator can demonstrate understanding, apply acquired knowledge, analyze information, evaluate information, and create something new. Therefore, the problems of creating new digital products for computer technology, hybrid systems, and artificial intelligence need to be addressed using cognitive technologies – the next milestone in the development of information systems [24].

Cognitive science, in the broadest sense, is a combination of sciences related to cognition: the acquisition, storage, transformation, and utilization of knowledge. Historians identify three roots of cognitive science:

- 1) the development of computers and programs that simulate human problem-solving abilities (Homo);
- 2) the advancement of cognitive psychology, which investigates the processes involved in perception, memory, thinking, and language in Homo;
- 3) the development of generative grammar theory (a branch of linguistics).

Cognitive technologies are an excellent addition to the traditional ecosystem of information technology. Their functions are integrated into many programs. Cognitive information technologies are one of the most «intelligent» branches of artificial intelligence theory.

The first direction is based on the computer metaphor, which involves examining human cognition and its relationship to brain function using the analogy of a personal computer. In this metaphor, programs (software) that perform specific functions can be implemented on different «substrates» (hardware). However, the presence of a

central processor with limited processing capacity imposes certain constraints on information processing.

The modular approach theorists conceive human cognition as a set of parallel functioning associative «modules» that operate independently. The output of these modules is used in central processes of knowledge coordination and decision-making. However, these processes are often too complex to study due to the multitude of factors influencing their current state.

Lastly, connectionism is based on the «brain» metaphor of cognition, where cognitive processes are viewed as parallel information processing within a network composed of simple units (neuron models) at multiple levels. The connections between these units have different weight coefficients, which can change depending on the training of the neural network to solve specific types of tasks.

One of the distinctive features of the author's modification of the model, compared to the base model, which incorporates key components such as experimental psychology of cognition, philosophy of consciousness, neuroscience, computer science and artificial intelligence, cognitive anthropology, and linguistics, is the inclusion of demiurgic components - audio and coloristic properties (Demiurge (\check{D}) - in Christian theology - refers to the "Creator," God as the Maker and Organizer of all that exists) in Fig.5.

By the present moment, cognitive science has developed three main theoretical approaches [25]:

- 1) Model-symbolic approach,
- 2) Modular approach, and
- 3) Connectionism (CO).

Connectionism is a more recent and less common direction that describes cognitive systems as networks of interconnected elements. It is based on the «brain» metaphor of cognition, where cognitive processes are seen as parallel information processing processes in a network consisting of multiple levels of simple units - neuron models, with connections between them having different weight coefficients that can change based on the learning of the neural network to solve specific types of tasks [26].

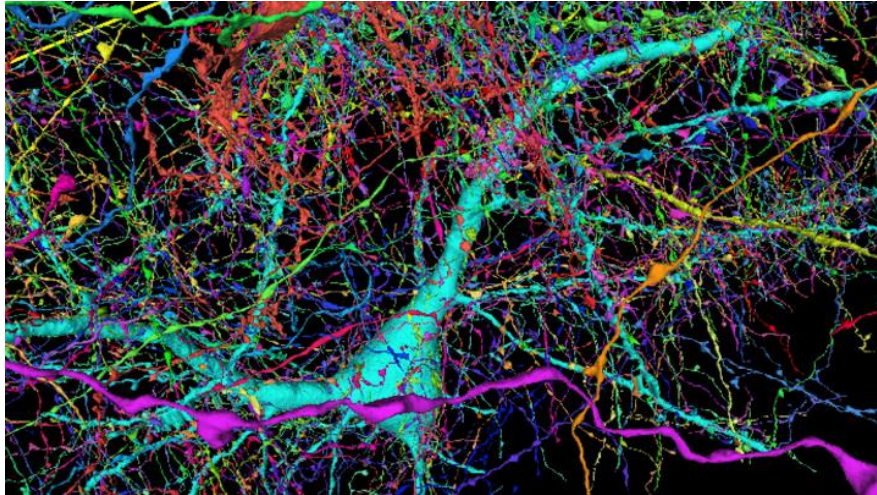


Figure 5. Cognitive Science Model with Demiurgical Components.

In computer science, specialists adhere to the view that more is better: networks with a larger number of nodes/layers allow systems to solve a variety of tasks. The central principle of cognitive science is that a complete understanding of the mind/brain cannot be achieved by studying only one level. Ultimately, a deep neural network with a single layer may be created, but in that case, it would likely require much more information and time to train such an algorithm.

The year 1980 was marked by the invention of functional magnetic resonance imaging (fMRI). MRI brain scans allowed for a preliminary analysis of the unique structure of the human skull (which we will discuss below) and the formulation of ideas for the development of neural networks. Scientists were inspired by natural neural networks in the brain. These networks were modeled based on the analogy of natural neurons. Our knowledge of the computational complexity of individual neurons has significantly expanded, and we know that biological neurons are more complex than artificial ones. But to what extent?

The research on the cognitive properties of the brain in biological organisms has provided interesting information about the level of connectivity between neurons in Fig.6. The nodes of connectivity are referred to as «cliques». The more cliques there are, the higher the dimensionality (number of coordinates). During the research, network architectures with dimensions reaching up to 11 were "discovered." Higher dimensions, by definition, imply the ability to choose a point from which a broader, global overview is revealed.



Photos from open sources

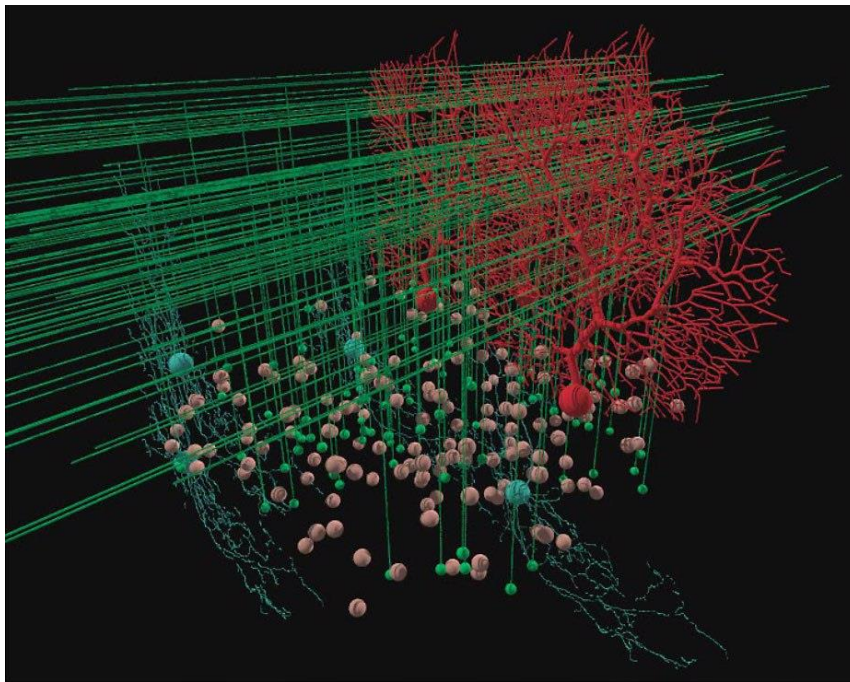
Figure 6. Photo of MRI images of the brain

Indeed, our gelatinous brain and the solid silicon chips of computer processors seem like two completely different entities (biological neurons are 1000 times more complex than artificial ones). However, scientists have been comparing them for many years. The computational capacity of the brain is of scientific interest, and we are eager to understand why the brain employs certain computational complexities in individual neurons. Deep neural networks have successfully learned to predict the input-output function of a neuron using five to eight artificial layers. For most networks, this means that nearly a thousand artificial neurons correspond to a single biological neuron [27].

In the human brain, there are trillions of synapses forming a flexible and intricate network, which allows us to behave, feel, and think as *Homo sapiens* [28].

Traditional methods of geometry, widely used in natural sciences, are based on an approximate approximation of the structure of the investigated object with geometric

shapes (lines, planes, polygons, polyhedra, spheres, etc.) and their compositions, whose metric and topological dimensions are equal. However, many natural systems are so complex and irregular that the use of familiar objects from classical geometry for their modeling seems hopeless (as mentioned above, especially in Euclidean space with a rectangular Cartesian system and curvature $k = 0$). For example, a 3D MRI image of the cerebellar cortex, where among other nerve cells, dendritic trees of Purkinje neurons extend with their branching, capable of forming up to 100,000 connections (synapses) in Fig.7.



Photos from open sources

Figure 7. MRI photograph of the cerebellar cortex in 3D

One of the nearest perspectives of cognitive science is the development of a new technology for interactive-graphic interaction between humans and their imagistic mechanisms of creative thinking, not just with computers but directly with the problem under investigation. Advances in hardware and software development enable the activation of the Brainware creation process, which comprises a set of intelligent algorithmic tools that form the factual basis of modern mathematical modeling methodology and computational experimentation with a unified information language space.

Communication, the interconnection of cognitive elements within the structure, is facilitated through communication equipment and switching structures (*SS*). However, despite the apparent inefficiency of current classical *SS* models, there has not been a shift towards more promising, efficient, and accelerated multidimensional models of switching. Why is that? This is a complex question tied to established traditions, accumulated knowledge, and a legacy of outdated paradigms.

The most significant characteristic of *SS* is the type of switching (switching) equipment. The development of new equipment utilizing new *3D* (spatial models of *SS*) is crucial for three important indicators of structure/architecture performance (the «brain» of the computer): its dimensionality (multidimensionality), reconfigurability, and the speed of transmission between its constituent components (particularly processors).

The existing models are essentially semiotic and consist of a system of logical statements in descriptive logic. However, as new knowledge is added, a problem arises in terms of understanding and effectively conveying the new knowledge to the human operator, who is an active participant in the modeling process. This is where Information-Intelligence Technology (*I2T*) comes into play. *I2T* utilizes synergistic means to interact with information objects, aiming to achieve cognitiosis, the stage of introspection in the operator's thinking. It facilitates reasoning, subject-based inference, and the formation of cognitive semantic reflections of technical entities in the operator's thinking.

I2T enables the transition from databases in a unified information space to knowledge bases in a unified information-intelligence space, with the symbiotic use of other subject-specific languages. In other words, to solve this problem, when visualizing, it is necessary to consider the psychological characteristics of perception and structuring of information by the human operator. Additionally, it is important to apply general principles for defining concepts in new knowledge [29].

Additionally, let's consider another feature of today's level of knowledge: we'll add one more dimension to the four dimensions of space and time — the fifth dimension, which pertains to light.

From the perspective of cognitive semantics, visual representation is crucial as it helps to form mental images that, in turn, facilitate understanding and reduce the cognitive complexity associated with abstract concepts in Fig.8.

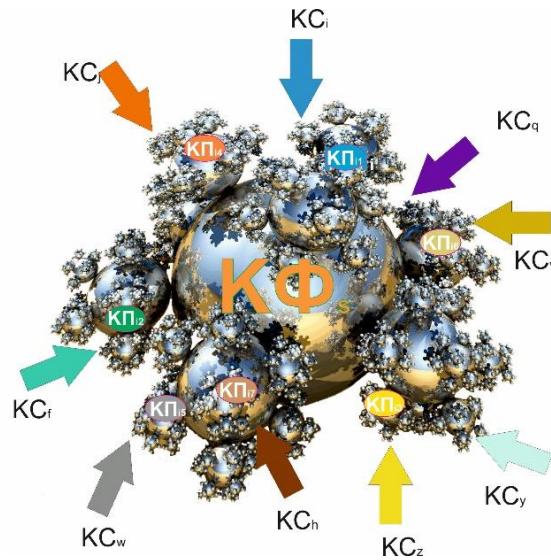


Figure 8. Connectionistic abstract image - switching structure model

The need for developers and consumers to have real-time information about the structure, composition of switching systems (*SS*), and the state of individual switching elements (*SE*) has led to the adoption of the concept of an abstract image or model, borrowed from psychology and philosophy, to represent a certain perception stereotype.

Existing models of *SE* are created during the design and production of semiconductor devices and are based on specific technological processes. They are essentially internal by-products of developing specific products and are proprietary, meaning they are closed solutions.

Platforms with open source code or, at the very least, compatible platforms are highly relevant. These platforms allow for seamless integration of open-source and commercial tools, including computer-aided design (*CAD*) tools. This is an evident requirement in terms of security, as it necessitates the presence of independent verification tools that check each other.

It is equally important to ensure that manufacturers of integrated equipment and their supply chains have access to the best, most competitive solutions for each specific design and verification task.

The ability of modern researchers/solvers to depart from conventional approaches in creating something new, to find new answers by combining previously unrelated concepts, through extensive and laborious analysis and contemplation, to see solutions where no one else has seen them before, i.e., to reveal hidden connections between apparent phenomena, is the magic of connotation and creativity.

Creativity is demonstrated in the ability to generate ideas, abstract constructs, and images that are simultaneously original and useful. It is worth noting that customers of design tool providers show greater activity during the specification development stage (technical and functional characteristics). This is advantageous for them because the value of transitioning to a virtual environment lies in achieving greater clarity on how hardware and software interact, which, in turn, provides greater benefits. This is why the "shift left" approach has emerged, transitioning to a concurrent, parallel, and interconnected (rather than sequential) development of hardware and software. This shift has enabled the more efficient application of verification and validation technologies.

It is essential to utilize physical developments of switching elements from various manufacturers. In cases where the physical properties of switching elements are not crucial, it is preferable to employ intellectual, i.e., creative, methods of knowledge representation to describe the functions of the model as a unified solution.

As a convenient abstract representation of the basic switching element for computer-aided design of geometric and topological structures of switching systems, it is proposed to use a real closed non-decomposable second-order geometric curve. The underlying model for this proposed abstract representation is based on a physical entity [30].

The management of the process of creating sign models is a symbiosis between designers and the technological process, visualizing/optimize/managing the creation/development and control of configurable switching structures.

However, today, each component of cognitive science utilizes its own terminology and research tools, and there is a lack of effective switching between specialists. As a result, despite the high competence in the individual components, knowledge synthesis does not occur.

The adoption of virtual prototypes expands the possibilities of design. Following the progressively developing notion of the abstract object (inheritance hierarchy) of switching elements (*SE*), and based on the synthesis of a new physical entity of switching elements in the form of *SEB*, the declared abstraction will be redefined into a noon-model *SEB* [31].

Noon-models of discoses of the *SS* on *SEB-1* with a metric of $p=1$ (taking into account the requirements of UGO GOST) in Fig.9a and *SEB-2* with a metric of $p=1$, considering the demiurgic component (coloristic reflection of *SEB* properties) in Fig.9b,c, are information object-subject noon-models of the considered material environment (switching structure/network) and activities within this environment, in a form adequate to the emergence and functioning of information exchange processes in human (operator) thinking perceiving (applying) these models.

The noon-model of the *CE* in the form of a real closed non-decomposable geometric line of the second order is an idiom - a pattern of the lowest level of abstraction with a metric of $p=1$. This applies to both design and implementation.

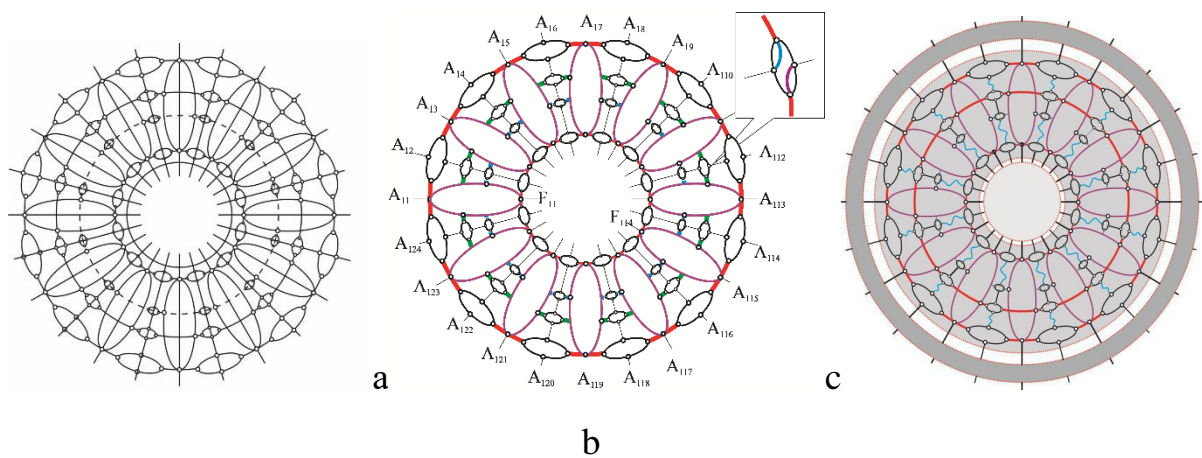


Figure 9. Noon-models of switching elements *SEB-1* and *SEB-2*.

It should be emphasized that an important initial stage when working with noon-models of *SE* is the adequate modeling of the considered information situation and the information position of the design object in that situation. This is a necessary condition for problem formulation and the selection/development of suitable noon-models for design, taking into account the new paradigm of *SS* development.

Noon-models of knowledge representation of *SE* are one of the most important research directions in the field of computer science and artificial intelligence.

Noon-models serve as situational information for control, analysis, operation, and synthesis procedures of *SS*, and they are used for information visualization as elements of cognitive graphics: depicting the composition (used switching elements (*SE*), topology), the choice of dimensionality of the employed structure (*2D*, *3D*, *nD*), and coordinate spaces of representation.

The concept of forming *SS* architecture is closely related to the fundamental ideas of *SDN* (Software-defined Networking), where the control plane is separated from the data forwarding devices and implemented in software. This approach enables reducing the variety of equipment types, applying unified standards and technologies, and centrally managing the switching environment.

Special attention is devoted to the task of ensuring intelligence, access invariance, and service complexity in a unified transport environment of multiservice *SS* implemented based on *3D* technologies.

3D technologies offer a multitude of possibilities for constructing various topologies of *SS* – a universal transport environment, which ensures the flexibility of the environment and accelerated data transmission through the least congested routes.

The *2D* noon-model of the above-mentioned pattern on *SEB* helps to "bridge" the next level of modeling – the modular in *3D* space in Fig.10.

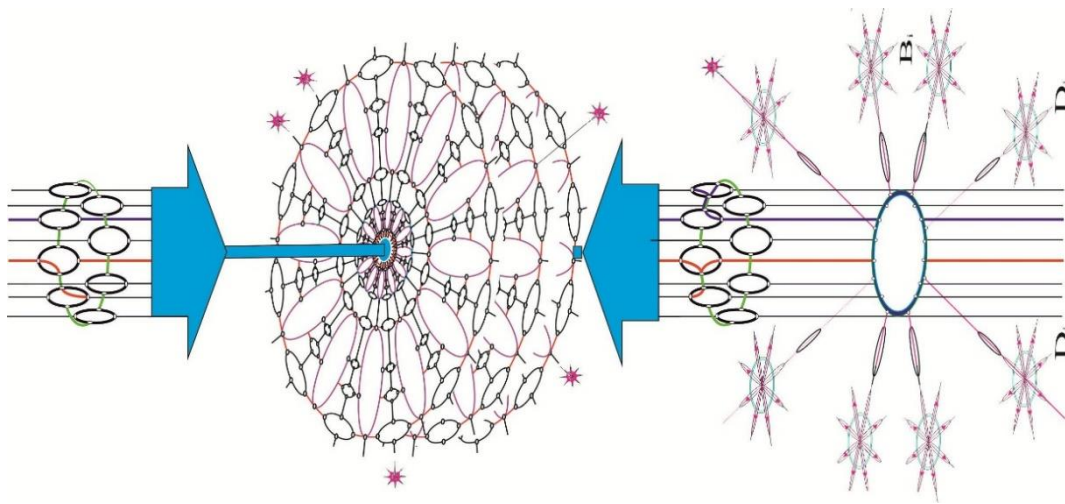


Figure 10. 3D noon model of the SS module on 2D patterns on *SEB*.

During the development of *SS*, designers/solvers may require a set of switching patterns that differ in their application domain, scale, content, and description style. Depending on the application domain, patterns such as design patterns, testing patterns, analysis patterns, and others can be identified.

Formalizing the semantics of the subject domain in the form of an ontology (specification) serves not only the purpose of compact and consistent description but also establishes a conceptual basis for noon-models to represent the entire body of knowledge about it [32].

The application of noon-model patterns on *SEB* as design patterns allows solving tasks related to creating new entities or groups of similar entities. They eliminate code duplication and make the process of object creation shorter and more straightforward.

There can be a classification based on the level of abstraction of the considered systems and the degree of their detailing. Let's consider noon-model patterns on *SEB* for *SS* design in the following two categories:

- 3D noon-model patterns on *SEB* with a metric of $p \geq 2$,
- 3D noon-model patterns on *SEB* types: factory, abstract factory.

3D noon-model patterns on *SEB* with a metric of $p=2$ are low-level patterns that implement tasks considering the specific characteristics of the space or coordinate system in Fig.11. To use them, it is sufficient to know the characteristic equations governing the operation of the base switching element.

It can be stated that *3D* noon-model patterns on *SEB* used in the design of information systems represent a formalized description of a previously solved design problem. They possess reliability assessment and operational experience. They provide recommendations for applying the design solution in various information situations.

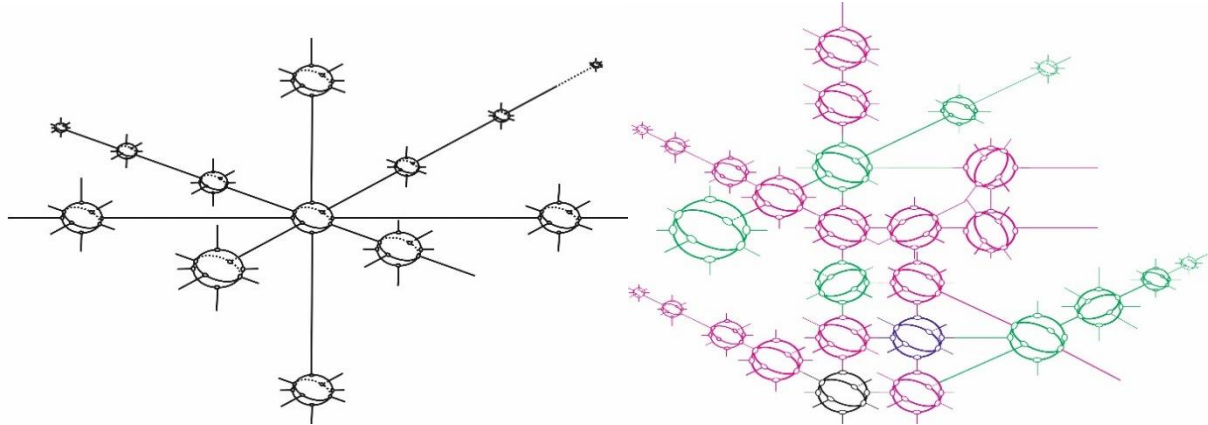


Figure 11. Noon-models of neural and abstract factories on *3D* noon models of patterns on *SEB* with metric $p = 2/$

Indeed, there can exist well-thought-out and elegant solutions created by experts that are accessible to other designers (characteristic of open systems). Studying and systematizing such information allows considering individual solutions as templates or examples for optimal problem-solving within similar classes.

Noon-model patterns on *SEB* in design enable the application of successful solutions to similar information situations. They serve as a noon-model for the module of the *SS* "crystal" factory on *3D* noon-model patterns on *SEB* with a metric of $p=2$. By utilizing these patterns, designers can leverage the benefits of previously developed solutions and adapt them to comparable scenarios in Fig.12.

3D noon-models of switching factories on *3D* noon-model patterns on *SEB* with a metric of $p \geq n$ represent the description of the interaction between objects and classes adapted to solve the general problem of designing *SS* in a specific context. Connectionist works will address increasingly higher levels of cognitive processes, driven by the efficiency of network representation and the transition from semantic relationships to various forms of quantitative expression of connections.

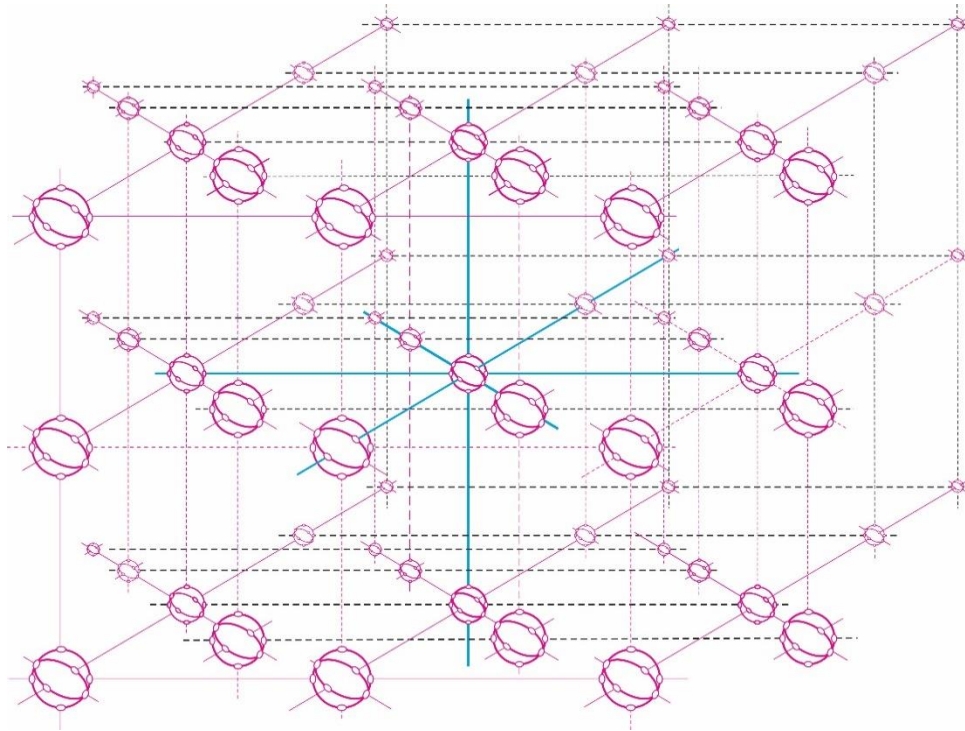


Figure 12. Noon-model "crystal" of the factory on 3D noon-models of patterns on SEB with metric $p=2$.

However, it should be noted that despite certain successes in the currently applied methodologies for designing *SS* in Euclidean space with zero curvature $\kappa=0$, the problem of creating highly efficient design methodologies for *3D SS* with $\kappa \neq 0$ values is far from being resolved.

3D noon-model patterns on *SEB* with a metric of $p > 2$ (considering the requirements of UGO GOST) and *SEB-2* with a metric of $p > 2$, taking into account the demiurgic component (coloristic reflection of *SEB* properties), are high-level patterns that implement tasks considering the specific characteristics of the given space or coordinate system in Fig.13.

The adequate use of noon-models of *SEB* patterns in the design of information systems provides several advantages:

1) a model of an information system built on the basis of noon-models of *SEB* patterns is a structured description of elements and relationships that are significant for solving the given task;

2) a model of an information system built using noon-models of *SEB* patterns in the design is more visually understandable than a new and unfamiliar model;

3) a model of an information system built using noon-models of *SEB* patterns in the design allows for in-depth and comprehensive development of the architecture of the developed cognitive infrastructure using new tools.

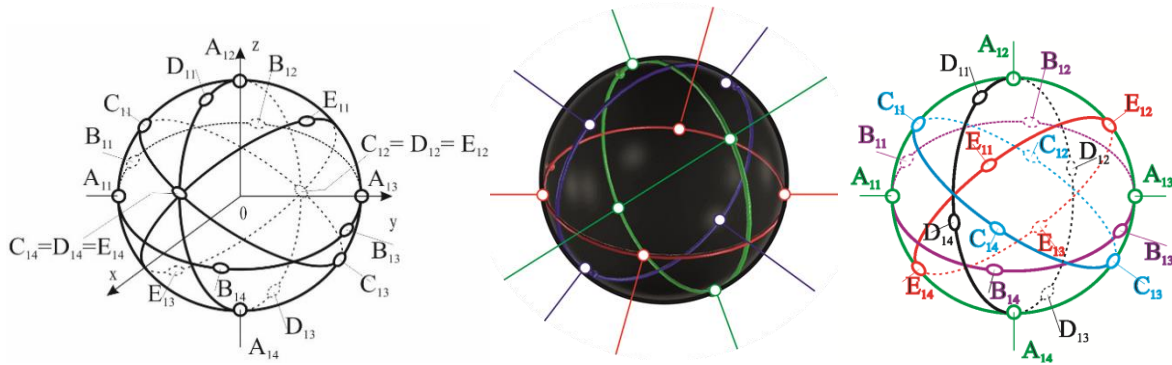


Figure 13. 3D noon-models of patterns on *SEB* with $p > 2$ metric.

Properly selected design patterns make a software system more flexible, easier to maintain and modify, and the code of such a system is more aligned with the concept of reusability. If the system's documentation indicates which patterns are used in it, it allows the designer/researcher to understand the system faster.

With greater computational power, even more monumental achievements can become possible. This potential has motivated significant efforts in developing powerful and efficient computational methods.

By integrating various mathematical and computer models into a unified system, a new entity called a digital twin can be created. A digital twin provides a comprehensive description of a product and enables a systematic approach to its development, production, and operation. The application of digital twins in the industry represents an advancement in the paradigm of computer modeling and digital engineering of products [33].

Contemporary theorists of digital twins provide a rather convoluted definition for this concept. However, simplifying it, a digital twin can be understood as a virtual replica or copy of a real-world physical object or asset in the form of a multi-domain simulation. Ultimately, this simulation enables obtaining data about the state of the

actual object that may be impractical or impossible to verify under real-world conditions [34].

Digital twins created in the process of designing and manufacturing semiconductor devices still remain within the scope of intra-company consumption. Firstly, they are formed based on a specific technological process, and secondly, they essentially represent a byproduct of developing a specific product. In this regard, there is still room for improvement for developers.

The concept of digital twins is gaining increasing development in the semiconductor industry, both in terms of the technological process of *IC* design and development, as well as in terms of production and operation. As the awareness of the value of this approach grows, more time, effort, and resources will be devoted to creating corresponding models and synchronizing them. Ultimately, the value of any digital twin will be determined by how much it helps improve the achieved results in terms of reducing design or production cycles, cost reduction, and risk mitigation.

In the semiconductor industry, there has long been a desire to obtain an executable specification that can be used to create specific implementations, which can then be used to generate digital twins for a given task. In this case, modifying the digital twin would begin with modifying the specifications. However, unfortunately, such ideas have not yet been realized in practice.

The application of digital twins (*DT*) to switching structures (*SS*) represents an advancement in the paradigms of computer modeling, connectionism, and digital product engineering.

By creating digital replicas of *SS*, digital twins provide a powerful tool for understanding and analyzing their behavior, performance, and characteristics in a virtual environment. They enable designers and engineers to simulate and explore different scenarios, optimize designs, and predict the behavior of the physical *SS*.

It is worth noting that the modern semiconductor industry is evolving towards increasingly configurable systems. The ability to configure, test, analyze, adjust, reconfigure, test again, and so on, provides a powerful feedback mechanism that enables the optimization of system specifications. It allows for refinement and the

creation of more advanced configurations and derivative variants of basic products in shorter timeframes and with lower costs.

Furthermore, digital twins enable the testing of various scenarios for the application of cognitive infrastructure (*CI*), including "pathological cases," without the inevitable limitations associated with accessing physical-level systems.

Models and the sequence of design stages are changing. Many stages that were previously carried out sequentially can now be performed in parallel. For example, hardware development traditionally took place before the creation of software, and software development began only after the hardware was fully prepared for installation. To ensure that the parallel execution of these (and other) operations yields effective results, appropriate digital models are necessary.

Additionally, when the physical-level systems do not yet exist and the developer is at the early stages of project implementation, digital twins are the best way to accelerate and streamline the processes of design, testing, and production.

Digital twins allow engineers to model and assess the product's features based on the established requirements. With the help of a digital twin, any components of the solution can be pre-tested and optimized, whether they are electronic elements, software, or system performance.

Once again, it is important to note that a digital twin encompasses a variety of data that determines its effectiveness. It is based on a vast amount of accumulated data obtained from measuring various parameters of the object in the real world. Analyzing the accumulated data enables precise information about the system's state and performance, as well as conclusions about the need and direction of changes to cope with real operational data and possible partial or complete system configurations. This ability to configure, test, analyze, adjust, reconfigure, test again, and so on provides a powerful feedback mechanism that allows for optimizing system specifications and refining the designed structures.

From this perspective, digital twins should enable the modeling not only of hardware and software but also of the environments that exert diverse influences on this equipment and software (e.g., various operating conditions, external factors, etc.).

Ultimately, optimizing a production line for a specific product requires a three-fold digital twin: one for product development, one for equipment maintenance based on current condition, and one for operational and production aspects. The notion that the usefulness of digital twin models ends after product development and release is no longer true.

Unfortunately, some necessary models remain difficult to implement. This is attributed to the prevailing design paradigm in Euclidean space with a rectangular Cartesian coordinate system and zero curvature. Achieving full efficiency and overcoming these limitations may require the development of new modeling approaches that account for more complex parameters and real-world conditions in Fig.14.

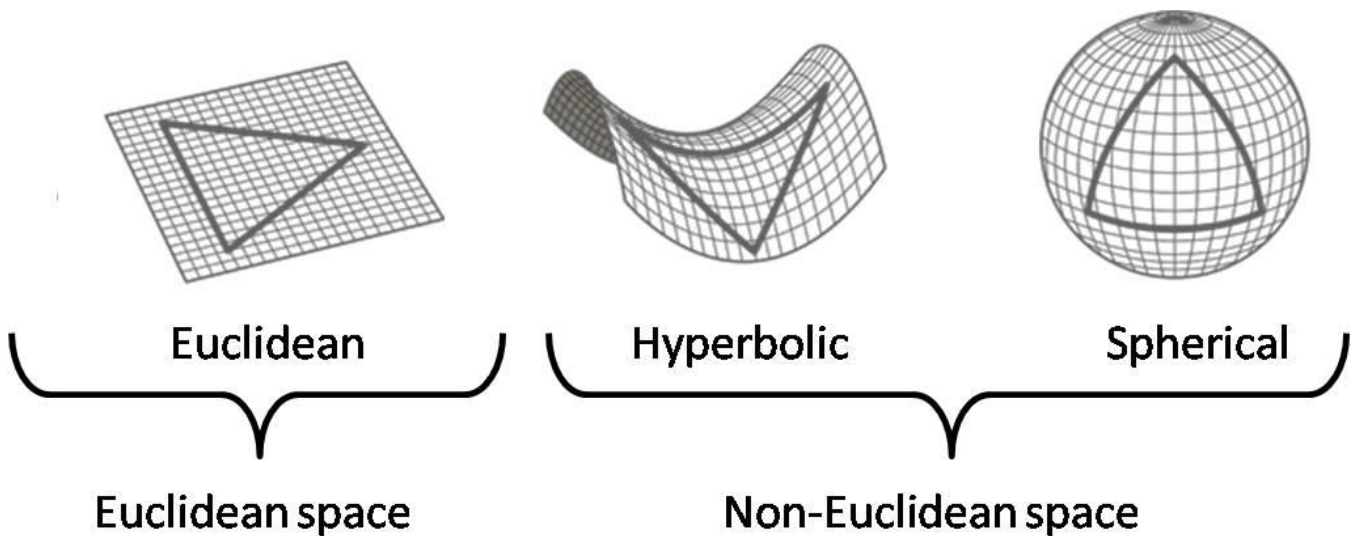


Figure 14. There are three variants of spatial geometry: zero curvature ($k=0$), negative curvature ($k<0$), and positive curvature ($k>0$).

This is all the work of an outdated planar paradigm that "relaxes" thinkers/theorists involved in developing new multidimensional (spatial) models of basic elements for new volumetric integration technologies, which should encourage/interest/stimulate researchers/practitioners in developing new volumetric semiconductor technologies.

Digital twins have been recognized as a great idea but have not yet gained widespread adoption. They have not been developed to such an extent that they can

easily encompass all the abstract layers of complex systems. However, in the future, developers/solvers will increasingly approach this issue comprehensively. Standardization will support the process of implementing digital twin technology [36].

Once again, it should be emphasized that the modern semiconductor industry is moving towards increasingly configurable systems. In this context, digital twins are the best way to accelerate and reduce the costs of design, testing, and production processes. At this stage, special attention should be given to the application of hybrid human-machine intelligence in order to leverage developed creative algorithms and methods for designing configurable cognitive architectures that operate autonomously without human intervention in decision-making processes.

The set of abstractions proposed above, which includes noon-models of switching elements, patterns, modules, and factories of switching structures, provides an accurate representation of the interactions within the considered system. It allows for the consideration or exclusion of details that are not necessary for the specific digital twin research. By combining ($2D$, $3D$, ... nD) noon-models of switching patterns based on *SEB-1*, *SEB-2*, noon-models of modules based on *SEB-1*, *SEB-2*, as well as noon-models of factories into a unified system, a new entity is obtained - the digital twin (*DT*). This digital twin comprehensively describes the product and provides a systematic approach to the development of new intelligent-heuristic switching structures for cognitive infrastructures in Fig.15.

Noon-models of patterns on *SEB-1*, *SEB-2* are computer models that describe the behavior of products of switching structures with a high degree of adequacy at various stages of the product life cycle. Digital twins are noon-models of potentially possible situations of physical entities, implemented using specialized *IT* infrastructure software. They involve a large volume of available data, and therefore convenient methods of working with them are required.

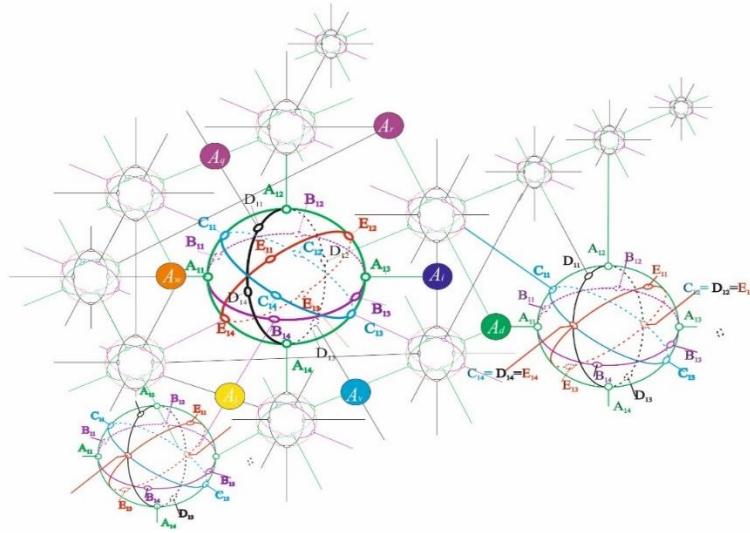


Figure 15. The Noon-model of an intelligent-heuristic *SS* based on *SEB* patterns.

One of such directions can be considered as connectionism, whose main ideas are related to modeling cognitive structures. Information is represented in noon-models of patterns on *SEB*, which interact with each other, combined in nD cognitive structures within the chosen coordinate system or space in Fig.16.

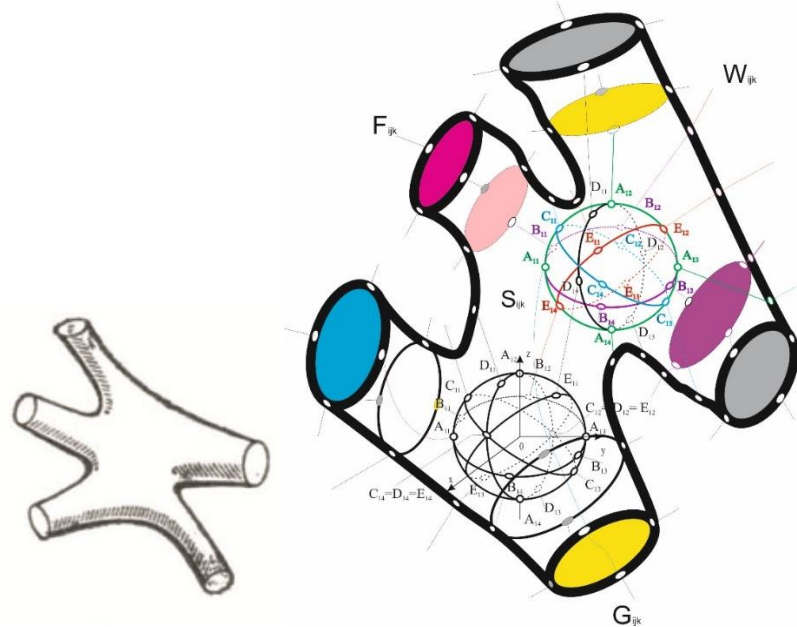


Figure 16. The intelligent-heuristic noon-model of the imagery module in a *SS* is based on $3D$ noon-models of patterns on *SEB* with a metric $p \geq 1$, implemented for a specific task, taking into account the characteristics of the given space or coordinate system.

Noon-models of patterns on *SEB* are required for ontology reengineering (transformation) and alignment (mapping) purposes. The first group of noon-models of patterns on *SEB* is applied when constructing a new ontology (where the initial model may not necessarily be ontological). The second group is used to establish correspondences between concepts and individuals in two ontology's, ensuring interoperability without modifying existing models. Creativity is a critically important variable in the process of creating implementations of *nD* switching structures (*SS*) based on knowledge. From the perspective of cognitive semantics, visual representation is essential as it forms mental images that, in turn, contribute to understanding and reduce cognitive complexity when working with abstract concepts.

About the big data problem. Over the past three decades, there has been an unprecedented expansion of research in the field of computer modeling of discrete geometric-topological structures. Computers and cognitive structures of the new era differ from existing ones in several key aspects. In current computers, the focus is on processes and processors, while in the new ones, it is on data in Fig.17. The new architectures process symbolic and graphical data, analyze them, adapt to them, and propose data-driven solutions. They do not replace humans but rather enhance their capabilities by taking over the routine task of data processing, allowing humans to draw conclusions and make decisions.

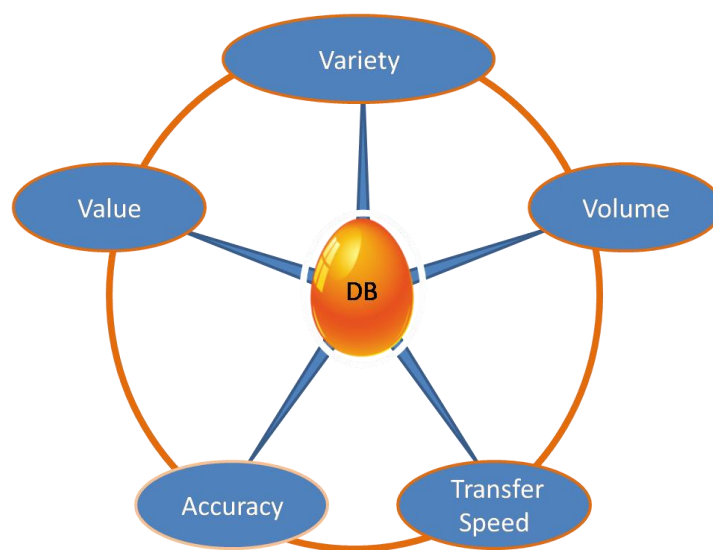


Figure 17. Main Features of Big Data (DB).

The use of *SEB* pattern noon-models allows us to transform data about switching structures into information. Big data enables us to manage a powerful flow of information about infrastructure and interpret it for the development of cognitive science, which is particularly relevant for the development of intelligent strategies or making important decisions. The quality and accessibility of scientific network content have become as important as direct interaction between designers/solvers. The substantive content and accessibility of electronic information resources and knowledge presented in national network infrastructures (in the native language) have become a key factor in the scientific, educational, industrial, and other capabilities of countries.

Today's computer system architectures, such as *A3* (supercomputer) with a *GPU-to-GPU* data transfer interface implemented at an industrial level for the first time and a total cloud cluster performance of up to 26 exaflops, far surpass the record of the fastest supercomputer, Frontier. The *GPU-to-GPU* interface, also known as an infrastructure processing unit (*IPU*), allows for data exchange between graphics processors at a speed of 200 *Gbps.*) [36].

As mentioned above, an ontology can serve as the framework for a knowledge base, providing a basis for describing the fundamental concepts of a specific domain and serving as a foundation for integrating databases that contain factual knowledge necessary for the full functioning of a cognitive system. Furthermore, ontologies can describe expert rules, enhancing their level of description and "understandability" for users [32].

Biologically inspired modeling sometimes adopts a more decentralized bottom-up approach. Bioinspired methods often involve determining a set of simple, common rules or a set of simple nodes whose interactions give rise to emergent behavior.

Let's consider the pyramid (*SOMKW*) in our perception in Fig.18: **Structured data** - **Ontologies** - **Modules/Factories** (digital twins) - **Knowledge** – **Wisdom**:

1. **Structured data**: data that has been processed in a way that it is now relevant to a specific purpose or context and, therefore, is considered meaningful, valuable, useful, and up-to-date.

2. Ontologies of *SEB-1* and *SEB-2* switching pattern noon-models, where $r \neq 0$.

3. Modules, factories (digital twins) of switching structures and their noon models.

4. Knowledge: a combination of formed experience, values, contextual information, expert judgments, and reasoned intuition that provides an environment (a variety of infrastructures) and a basis for evaluation, incorporation of new experiences and information (emerges and applies in knowledgeable minds). Development of new varieties of facets and digital twins.

5. Wisdom: the possession and use of broad practical knowledge and understanding of what needs to be done (designing cognitive = intelligent-heuristic - "living" infrastructures).

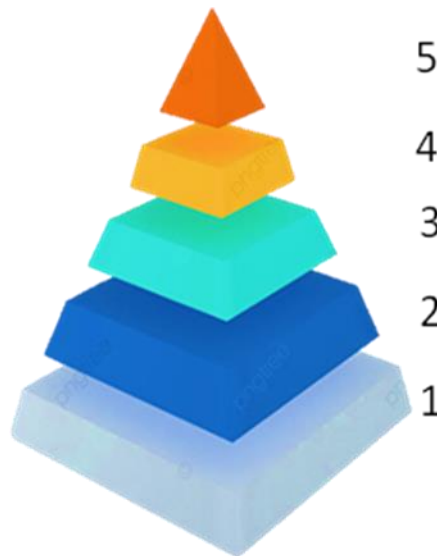


Figure 18. SOMKW pyramid

New knowledge will contribute to further refinement of the comprehensive theory of cognition, and the developed noon-models pattern, modules, and digital twins can coexist with traditional ones, complementing them and serving as a valuable component of artificial intelligence implementation programs.

Hybrid models, which combine the strengths of traditional cognitive-oriented and connectionist models, are gaining increasing popularity. They offer undeniable advantages in studying signal or pattern recognition processes.

From a connectionist perspective, the use of noon-models of nD *SEB*-based switching structures— switching patterns by Berezovsky—can fundamentally change the situation with the challenges of $3D$ modeling of new intelligent and heuristic infrastructures [31].

Connectionist intelligent-heuristic noon models bring us closer to the theory of "living" systems by allowing us to predict their behavior and explore the possibilities of control and reconfiguration. They provide insights into the dynamics of complex systems and enable us to study their adaptive capabilities and emergent properties. These models capture the interconnectedness and interdependence of components within a system, leading to a deeper understanding of its functioning and the potential for effective management and reconfiguration in Fig.19.

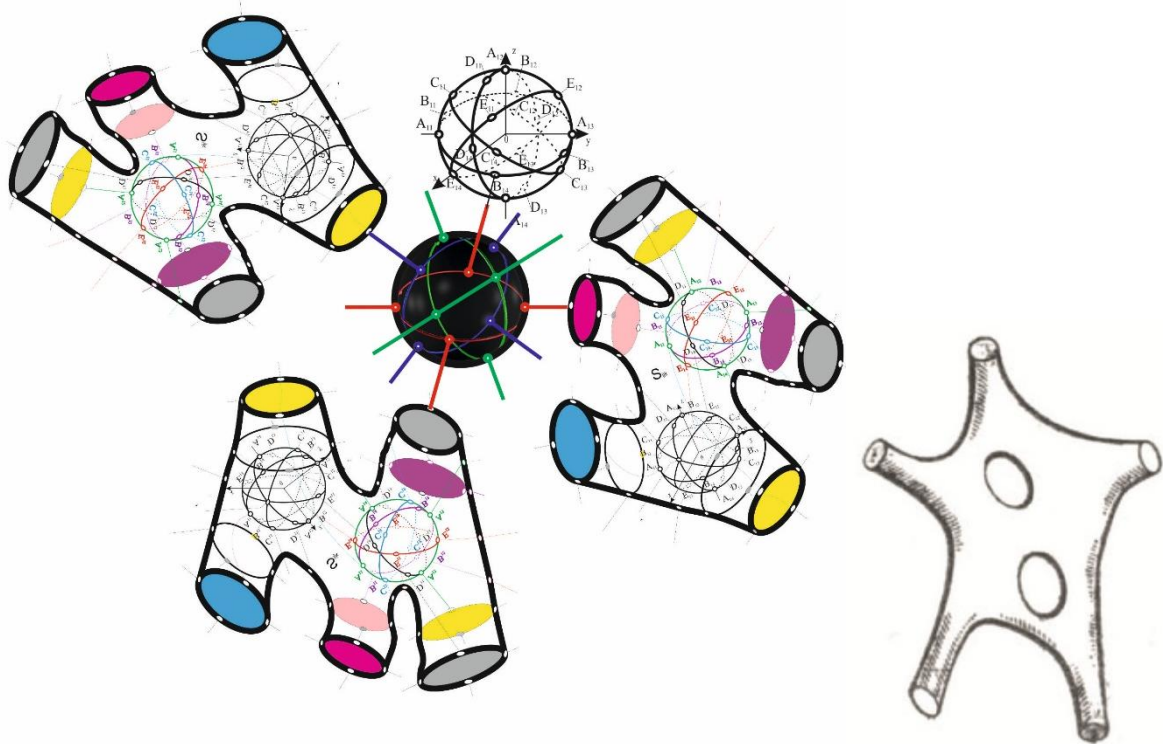


Figure 19. Intellectual-heuristic noon-model of "living" figurative *SS* module on $3D$ noon-models of patterns on *SEB* with metric $p \geq 1$ united in *SS* in the chosen coordinate system nD .

The connectionist noon-model of a switching structure (*SS*) using patterns on *SEB* is a creative solution that combines the sub symbolic and symbolic levels. In turn,

subsystems can consist of lower-level structural units. By combining disparate concepts, new ways of implementing nD *SS* can emerge within a chosen coordinate system or space.

The connectionist approach using *SS* neuron-models with patterns on *SEB* involves describing mental phenomena through interconnected networks (*SS*) of simple and often homogeneous units. The form of connections and nodes can vary from model to model. This allows for the creation of realistic images, shapes, and architectures capable of immersing you directly into the captivating world of intelligent-heuristic exploration.

Architectures encompass proposals for organizing the ontology as a whole, including structures such as taxonomy and modular containerization forms. Cognitive architecture serves as the foundation for intelligent agents. It offers artificial computational processes that act as specific cognitive systems, akin to human cognition, or act rationally according to some definition. Cognitive architectures form a subset of general agent architectures. The term "architecture" implies an approach that seeks to model not only the behavior but also the structural properties of the modeled system. Such an approach allows the researcher/developer to be directly involved in the process of developing/modeling new intelligent-heuristic cognitive architectures.

About the problem of containerization.

The paradigm shift necessitates a new era of addressing the issues of packaging/compactization of developed *AI*, *SS*, and *IA* structures, but now in a *3D* space with curvature ($k \neq 0$). Modern cutting-edge semiconductor products can only exist due to significant advancements in packaging/containerization. At the recent *SEMI-2022 (ISS)* symposium on industry strategy, the importance of more sophisticated constructions in the coming decades was a relevant topic.

Thus, the direction of solving the problem is defined: chiplets, which are microchips, forming a larger and more complex microchip (e.g., a central or graphics processor), should have a standardized interconnect structure to work collaboratively with similar components [37]. The new universal standard for designing and

implementing chiplet interconnects, known as Universal Chiplet Interconnect Express (*UCIe*), represents a significant step forward for heterogeneous integration and the creation of a new market for semiconductor microchips. Heterogeneously integrated components rely on a structure called an interposer to provide electrical connections between the chips and components within the package. These structures are similar to printed circuit boards in the sense that they provide a foundation for connecting multiple components within a single package. From a design perspective, the interposer offers much more freedom compared to a printed circuit board. While interposers offer designers some flexibility in how they arrange and connect *2.5D* and *3D* integrated components, there are limitations to what can be done with an interposer. Design tools for microchips and printed circuit boards cannot fully automate the important tasks of interposer design, partly because this field continues to see ongoing innovations, and interposer structures are not fully standardized [38]. Other solutions to the containerization problem include *3-DMS* (*3D Multilayer System*) technologies, which encompass high-density hybrid integrated circuits (*3D-HIC*), three-dimensional circuits on molded interconnect devices (*3D-MID*), high-density printed circuit boards with embedded flexible-rigid components, and various other technologies [39].

The proposed/developed concepts will form the basis of next-generation electronics manufacturing technologies that are fundamentally different in their design and characteristics. This will allow for the utilization of three-dimensional space, simplification of product design (form), and reduction in size and weight, enabling highly flexible design capabilities. Additionally, developers of associative agents/components for cognitive systems require a conceptual framework to ensure interaction.

Modern architectures of cognitive systems allow combining immense computational power with innovative data processing methods resembling cognitive processes in the brains of biological entities. Bio-inspired modeling, derived from biologically inspired computations, is a research direction that we consider as a component of connectionism, aimed at addressing informatics problems using biological models.

It is easy to point out shortcomings, but where can one find or who will propose/offer a new paradigm for the further development of artificial intelligence-based intelligent systems in Fig. 20.

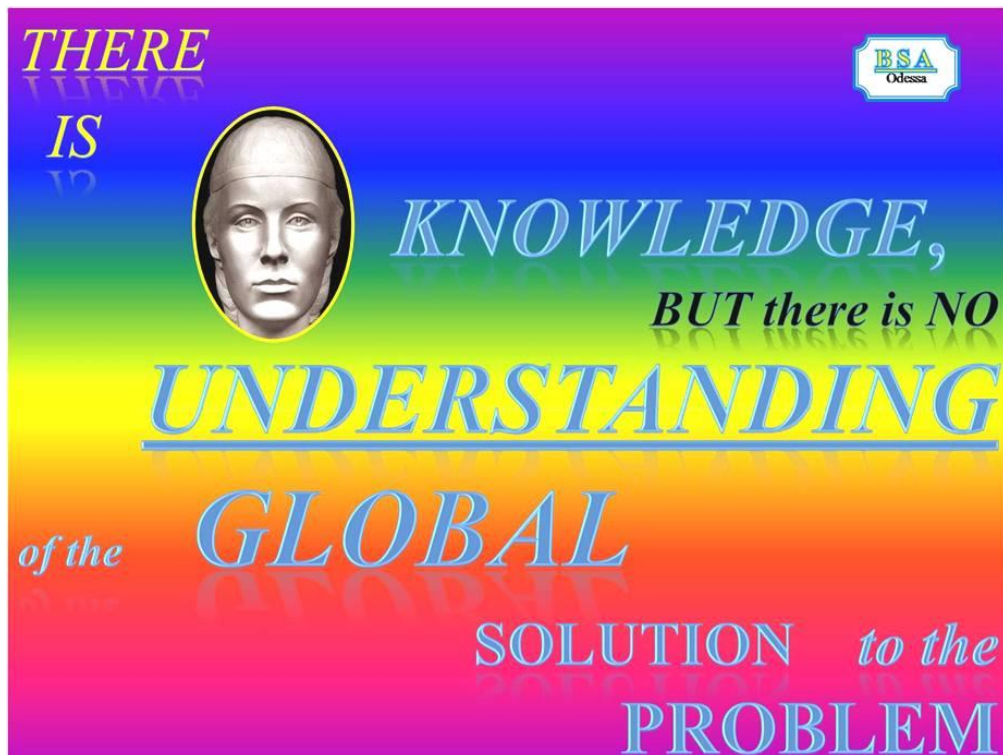


Figure 20. There is knowledge, but there is no understanding of the global solution to the problem.

Computer science and cognitive anthropology are still weakly connected, but with the emergence of new connectionist models, we can expect similar models of culturally specific cognitive features. Only the Demiurge (\check{D}) is capable of seeing things as they are, from a fully objective point of view, free from time and space.

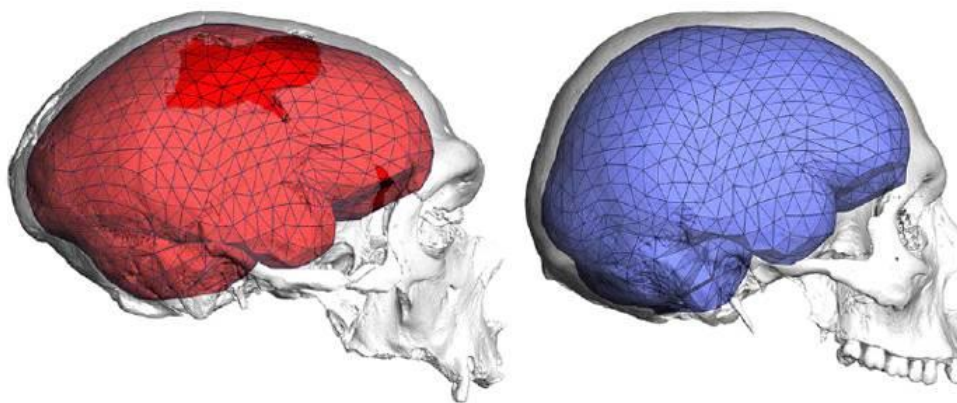
The Creator endowed intelligence not only to rational humans but also to other human species that coexisted with our ancestors in the past. Science is aware of several types of "other humans," but the most interesting and well-studied branch is Neanderthals (*Homo neanderthalensis*), who lived in Europe and partially in Western Asia from 28000 to 130000 years ago [40].

Neanderthals did not fundamentally lag behind *Homo sapiens* in any aspect, and the brain size of both species was around 1.5 kilograms. The brain size exceeded this

parameter in "other humans," but like in other species, it was "housed" or containerized within the cranial cavity [41].

Based on the information that "humans are far from alone in lacking an ancestor," let us speculate: The Demiurge (\check{D}) created a "container/storage" for the cognitive environment of Homo in the form of a cranial cavity, "in his own image and likeness," and introduced divergence in the size and shape of cranial cavities among other closely related species (the problem of volumetric brain containerization). This allowed evolution to solve the problem of selection. In adult individuals of Homo neanderthalensis and Homo sapiens—two species of humans – the shape of the brain significantly differs. In an article by French and German anthropologists published in the journal Current Biology, it is noted that in terms of volume, the brains of the two human species were practically the same, but their shapes noticeably differed: the sapiens had a more rounded brain, while the Neanderthals had an elongated one. The features of the container/storage - the human skull - have long attracted the attention of researchers. Its structure and shape are truly unique.

The brain itself is rarely preserved in a fossilized state, but information about its size, shape, and partially its structure (relative development of different regions) can be inferred from the endocranial cast - a mold of the inner surface of the cranial cavity in Fig. 21.



Photos from open sources

Figure 21. The brain of a modern human (left) and a Neanderthal from La Chapelle-aux-Seine.

The endocast (from "endo" meaning "inside" and the Ancient Greek "kranion" meaning "skull") is the relief or imprint on the inner surface of the cranial cavity, which reflects the pattern of major grooves and convolutions of the brain and, in some cases, large blood vessels. The term is also used to refer to the cast or mold of the inner surface of the cranial cavity. Endocasts serve as the only source for estimating the volume and structure of the brain. They allow for the reconstruction of the surface relief of the brain and the pattern of the largest blood vessels [42].

The methodology of mathematically describing the shape of the brain is based on the analysis of the mutual arrangement of N "reference points" that can be found on the endocasts of hominins. This methodology allows for comparing the shape of endocasts across different species, abstracting from the absolute brain size. The result of the research led to the conclusion that the key difference in brain shape is determined by the "globularization" (rounding) in modern humans, achieved through the accelerated growth of the parietal and temporal regions, as well as the cerebellum. As a result, the human skull takes on a characteristic convex, dome-like shape. During the process of "globularization," a promising dome-shaped model of the skull (containerization) formed, which is associated with significant functional changes in the brain, such as the complexity of sensory integration mechanisms and the formation of imaginary models of the surrounding world. As it is known, Neanderthals were at a disadvantage in direct competition with *Homo sapiens* in Europe, and it is possible to hypothesize that the world models created by the sapiens' brain were more practical.

Furthermore, "attention should be paid to the structure (shape) of the human skull from the inside and the adjacent tissues. The frontal, parietal, and occipital bones deserve special attention due to their unique relief. They represent a biological prototype of concave mirrors capable of focusing, absorbing, and reflecting waves of different frequencies. This structure serves as a good resonator (from the Latin word 'resono' - 'to resound', 'to respond'), meaning it can accumulate and focus the energy of oscillations and amplify it [43]. In physics, it is known that concave mirrors can focus various types of radiation (energy), including those emitted by biological objects. The

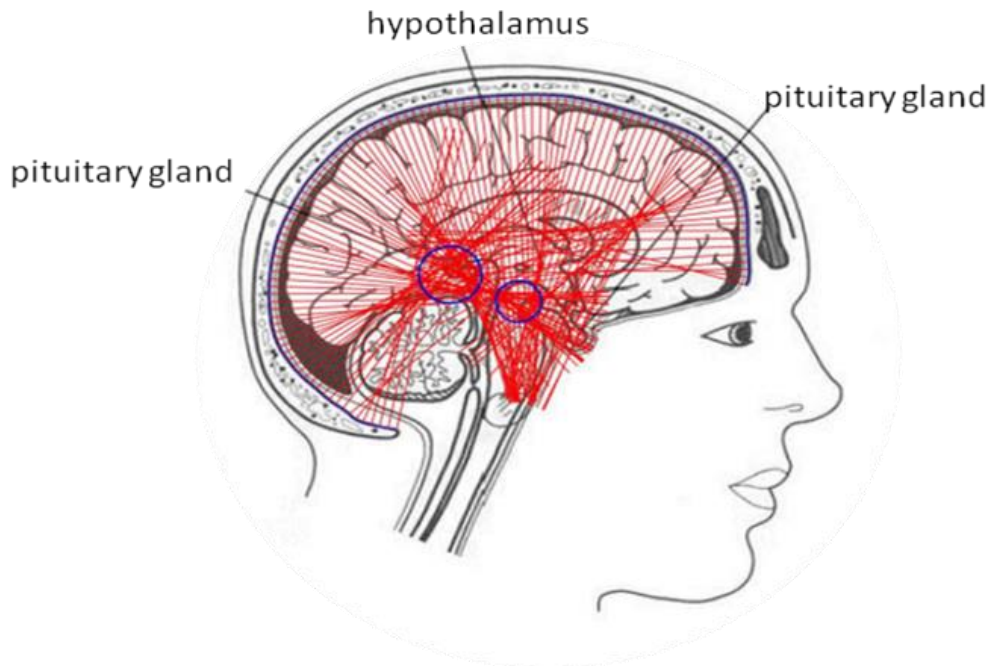
complex interaction between a human and a concave mirror, often referred to as "Kozyrev mirrors," can have interesting effects [44].

Mirrors have directional patterns and are used in radio technology as receiving and transmitting antennas. Another characteristic of the human brain is that it continues to emit measurable electrical wave signals for 37 hours after death. In fact, it functions as a radio transmitter [45]. It is evident that the skull serves not only protective functions (including containment) for the brain but also participates in other processes of information exchange in Fig.22 [46].



Figure 22. The human brain is susceptible to electromagnetic signals

The year 1980 marked the invention of functional magnetic resonance imaging (fMRI). The fMRI images of the brain allowed for the initial analysis of the unique structure of the human skull and the formation of ideas for the development of neural networks. It should be noted that these research results were obtained through the same planar analysis mentioned earlier—two-dimensional "slices" of the skull (question: how to perform the analysis of 3D skull models?). The researchers constructed normals to the inner surface of the skull (represented by the blue line in the figure) in Fig.23. The intersection of these normals formed certain intersecting regions, coinciding with the location of the pineal gland (epiphysis). This fact provides a basis for further in-depth study of this phenomenon, considering the peculiarities of the pineal gland and its significance.

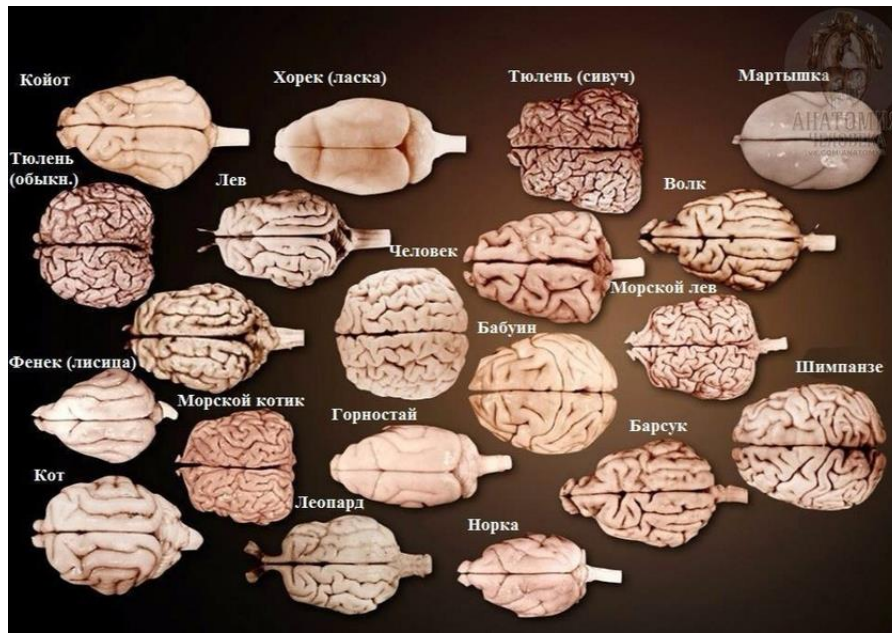


Photos from open sources

Figure 23. Intersections of the normal's of the inner surface of the skull.

In ancient India (around two thousand years BC), there was a flourishing of teachings about the pineal gland. Even back then, it was known that this gland is not only associated with clairvoyance and the memory of past incarnations but also serves as the primary chakra for the concentration of higher energies [47].

The modern structure of the Homo skull, characterized by its domed shape (due to "globularization"), makes it a unique biological construction that contains and protects the brain, enabling the successful life strategy of Homo. Furthermore, it serves as the infrastructure for cognitive agents that perform the functions of the Homo mind, while also facilitating the interaction with waves of different frequencies in the surrounding environment (i.e., a "globularized" structure with non-zero curvature). In nature, thanks to the Demiurge, there are over two million species of biological entities with a diversity of brain types that have successful life strategies, all adaptively containerized in Fig.24 [48].



Photos from open sources

Figure 24. Brain of various animals and human for comparison.

The Demiurge (\mathcal{D}) guides researchers to explore the creative possibilities of utilizing the existing diversity of brain containerization forms in the biological world to overcome the limitations of the outdated flat paradigm (with zero curvature) of containerizing technical constructions and products in the fields of computer and electronic engineering. This exploration aims to create new intellectually heuristic cognitive structures.

The capabilities of the human brain (brain functions) include processing sensory information from the sense organs, planning, decision-making, coordination, motor control, emotions, attention, and memory. The human brain performs higher mental functions, including thinking [49].

However, the human brain is incapable of true intellectual multitasking. Most people believe they can perform two or more tasks simultaneously, but it turns out that multitasking is actually impossible for the human mind. What we do is called context switching - rapidly switching between different actions, rather than performing them simultaneously (nerve impulses travel at a speed of 270 km/h). By the way, human memory is reconstructive [50].

The development of *SS* is an integral part of the overall process of scientific advancement and is closely interconnected with almost all processes occurring in science, technology, industry, and other areas of human activity. The study, design, and control of the diverse range of *SS* implementation solutions require interdisciplinary efforts that bring together computer science, robotics, engineering on one hand, and behaviorism, cognitivism, neurobiology, and computational technologies on the other. None of these disciplines alone possesses the theoretical and practical framework sufficient for a comprehensive understanding and resolution of the cognitive capabilities of *SS*.

At the same time, specific questions and topics are primarily associated with one of these disciplines, which describes distributed parallel data processing, continuous configuration of *SS* during perception and learning, testing, etc. However, these *SS* are also n-dimensional, and their potential "states" represent collective patterns of interconnectivity that they can self-organize [51].

Improving the connectionist capabilities of *SS* contributes to accelerating the processes of search, "mutations," and selection of new solutions, inventions, and innovative ideas, which, in turn, become the foundation for "revolutions" and the modernization of cognitive architectures and their forms of packaging/containerization as a whole.

Long before the industrial era, knowledge and cognitive abilities were embedded by masters into their creations in the form of their shape (cynically - packaging/containerization). For example, the astonishing beauty of ancient sculptures or their functionality as tools (such as violins) served as vessels for knowledge and cognitive expression, even in the realm of labor.

During the course of evolutionary development, the volumes of transmitted information, types of representation, methods of transmission and storage, the number of sources and consumers, and requirements for speed, reliability, and quality change. The era of silicon technologies, which was formed during the period of the 3rd industrial revolution, and its specific feature of "flat" models in Euclidean space with zero curvature, have resulted in a certain stagnation among developers/mathematicians

in terms of developing/modeling new 3D/spatial models (containerization forms) of semiconductor electronic products. These products are interconnected through a spatial switching environment/architecture (high-speed network, switch, etc.). It should be emphasized once again that all achievements have been predominantly realized through the application of electronic components based on silicon materials. Over time, the specifics of silicon technologies have presented their own surprises, particularly related to planar technologies.

From the perspective of connectionism, mathematicians/solvers are encouraged to explore the understanding of three-dimensional manifold forms by combining geometry and topology. In mathematics, manifolds often arise not as explicit objects in space but indirectly: as solution spaces under certain conditions or as parameter spaces for a system of mathematical objects. And where possible, our spatial imagination helps to comprehend the abstract description of three-dimensional manifolds.

The manifolds surrounding us are diverse. As inhabitants of a three-dimensional world, we are most familiar with two-dimensional manifolds: the surface of a sphere, a bagel; the wall of a house, the surface of a tree, or a volleyball net... At first glance, three-dimensional manifolds may seem more challenging to perceive. However, since we, as Homo, are three-dimensional beings, our spatial imagination aids in understanding the abstract description of three-dimensional manifolds, allowing us to perceive them as alternative worlds.

D has "hinted" to researchers the possibilities of search/development, as well as the utilization of alternative solutions based on new physical foundations.

The presented diversity in the biological world of forms/species, in the context of brain containerization, prompts a revolutionary solution: the introduction of a new definition - "fasce" - to represent the manifold of containerization forms for new creative scientific, technical solutions, and the synthesis of connectionist nD models of cognitive supersystems/architectures/infrastructures in an a priori space with a chosen coordinate system.

This solution provides researchers with possibilities for exploration, development, and utilization of alternative approaches and new physical foundations. It encourages the exploration of diverse forms and shapes in the biological realm, which serve as containers for the brain. The introduction of the concept of "fasce" enables the representation of the manifold of containerization forms for innovative scientific and technical solutions, as well as the synthesis of connectionist nD models of cognitive supersystems/architectures/infrastructures within a predefined space with a selected coordinate system.

The forms of fasciae in connectionist models of switching structures will evolve in parallel with the functional capabilities of the structures themselves during their evolution. Specifically, the process will involve the search and development of alternative solutions based on new physical foundations, the enhancement of configurability, nD capabilities, and more. Subsequently, the focus will shift to those fasciae that are analogous to higher cognitive functions associated with adaptability, such as self-diagnosis, reconfiguration, and consideration of the specific characteristics of the a priori space or coordinate system.

Fasciae provide developers with a new field of creativity, offering a variety of graphical nD manifold models of intellectually heuristic cognitive architectures, taking into account the peculiarities of the a priori space or coordinate system. They also offer new images/models for technologists to transform creative solutions into reality in Fig.25.



Figure 25. Fascia of connectionist noon models of SS with a priori curvature: negative curvature ($k < 0$), positive curvature ($k > 0$), and zero curvature ($k = 0$).

Today, there is a high demand for solvers/developers with a broad scientific background, capable of integrating knowledge from related disciplines, creating conceptual systems, and skillfully interpreting, structuring, and analyzing data.

In particular, the design and engineering of cognitive structures' commutative devices involve implementing the results of circuit design into specific geometric forms and spatial arrangements. It should be noted that mathematics is much more fragmented than physics; mathematicians specializing in one area typically work independently from mathematicians specializing in another.

The recent achievements of Fields Medal laureates in the field of representing three-dimensional manifolds through the fusion of geometry and topology open up significant possibilities for applying manifolds in the development of connectionist nD non-models of cognitive infocommunication systems of various types of operation: analog, digital, and combined (analog-digital), as well as in computing devices implemented on other principles (mechanical, biological, optical, and other methods).

The human mind forever retains the ability to invent logically consistent structures that cannot be expressed through a physical principle.

The great digitization of civilization has led us away from the main direction of development - analog technologies, and the question of paradigm shift and the return of civilization to the main branch of progressive development - analog, becomes relevant. Conducting research on the application of new technologies in *Li* (light) - the second basic range of wavelengths "gifted" by the Demiurge, as well as changing the basic numeral system of computer technology, are emerging topics of interest.

In conclusion of the presented material of the article, it can be noted.

Currently, there are parallel processes taking place worldwide, involving the activation of research in the fields of artificial intelligence theory, cognitive industrial networks, intelligent industrial automation, and the formation of the fourth industrial revolution. One particular feature of this revolution is the transfer of cognitive functions, previously exclusive to *Homo sapiens*, to industrial infrastructure and industrial products.

The discussed questions of forming connectionist non-mon models of patterns on *SEB* to represent modules, factories, digital twins of switching structures on *SEB*, connectionist intelligent-heuristic infrastructures based on the manifold of hyper-space with non-zero curvature values ($k \neq 0$), and the manifold of "living" models of biological ecosystems provide the opportunity for an intellectualized (clarative-creative) interaction between human decision-makers and information. This interaction is facilitated through the utilization of machine-activated (computer-activated) cognitive processes.

The introduction of a new definition - "fascia" - will assist designers in reaching the next level of development and analysis, enabling them to improve their designs. The entire ecosystem of semiconductor devices will benefit from the data, aiding in solving design, performance, and miniaturization challenges.

Furthermore, the presented information is of interest to developers/mathematicians in terms of developing/creating manifold volumetric/spatial architectures and object-oriented modeling. It can be utilized for conceptual development to obtain essential knowledge related to the technical activities of switching structures. It can also be used for creating information and software design tools for cognitive structures of switching structures, including achieving necessary anthropotechnical characteristics.

The information presented above represents new knowledge for specialists/designers of new topologies of switching structures, *CAD* systems based on the *SDN* paradigm for *DIA* (Data, Information, and Analytics), *AI* systems, modern heterogeneous telecommunication switching structures. It provides situational information on synthesis, control, analysis, and operation procedures of switching structures and is used for information visualization as an element of cognitive graphics. It encompasses the composition, topology, choice of dimensional representation spaces ($2D, 3D, \dots nD$).

Connectionist intelligent-heuristic non-models promise a completely new apparatus for cognition. Such "living-type" system models serve as the basis for building future universal connectionist non-models (based on a common metadesign language) intended to replace traditional book models in modern science.

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.2.2

2.2 Information technologies and their role in the successful organization of the educational process in higher educational institutions of Ukraine in the conditions of martial law

The Russian-Ukrainian war, which began in 2014 and turned into a large-scale aggression by the occupying forces of the Russian Federation after February 24, 2022, led to significant changes in the priority forms of the educational process in Educational Institutions of Ukraine. In the conditions of martial law, introduced in the country on the day of the start of the large-scale invasion, mixed and distance learning (DL) became the forms of providing educational services that, based on the active use of information technologies, were able to ensure a quick recovery of the educational process with minimal financial costs for its organization.

Immediately after the introduction of martial law the Ministry of Defense of Ukraine (MD) and the Ministry of Education and Science of Ukraine (MES) began to find the ways restoration of the educational process in Educational Institutions of Ukraine. MES of Ukraine appealed to well-known global corporations and companies in the field of digital industry for charitable assistance for the rapid restoration of the educational process in the country in the conditions martial law. The result of these negotiations was: providing Google and Microsoft corporations with access to their educational software packages and supporting the processes of providing Ukrainian educators with additional devices for learning; free access to ZOOM products; reaching an agreement with the leaders of the online education market - Coursera, Udemy and edX platforms to provide free access to courses to Ukrainian students; implementation of the launch of e-documents about education in the “Diya” mobile application to ensure equal opportunities for access to education and employment for all citizens of Ukraine with the support of the EU4DigitalUA project (Academy of electronic governance (e-Governance Academy)); dozens of IHEs of Ukraine received the Starlink satellite Internet communication system manufactured by SpaceX, which enabled them to provide their students with access to educational electronic learning resources, libraries, repositories, LMS educational platforms and other resources with

a stable high-speed Internet connection; free provision by the manufacturer of computer equipment - HP company, of its devices to Educational Institutions of Ukraine; signing an agreement with Vodafone, Lifecell and “Kyivstar” on providing unlimited, non-tariffed access to DL services and much more [52].

In order to successfully carry out the educational process in mixed and distance forms, Educational Institutions were recommended to use in their work the following informational technologies (IT): learning management systems (LMS) (MOODLE, Google Workspace for Education, Microsoft Office 365 Education, etc.); applications for conducting video conferences and webinars (BigBlueButton, ZOOM, Microsoft Teams, Google Meet, etc.); e-mail; messengers (WhatsApp, Signal, Telegram, Viber, etc.); communication in telephone mode; electronic versions of textbooks; video-lessons from leading Ukrainian and foreign lecturers; live broadcasts-streams; forums; chat rooms; placement of tasks and recommendations on the institution's own website; the resources of the educational platforms Coursera, Udemy and EdX; simulation models of objects and processes (3-D models, flesh-animation, educational cartoons and computer educational games) visualize information and make the content of distance courses (DC) as visual and understandable to the user, regardless of the degree of complexity of the material to be learned; educational simulators which use technology of augmented reality; the alternative Internet communication networks, IT of double password, thorough identification, cryptographic protection of information are widely used Higher Military Educational Institutions of Ukraine (HMEI) in their work on the organization of the educational process at a distance in order to ensure the defense of information with limited access and much more different IT [53].

The innovative IT, which are actively used in the educational process of various educational institutions of Ukraine for the organization of mixed and distance forms of learning in the conditions of martial law, rightfully include: the “progressive” electronic TABLE offered by the “OPTIMA Education Center”, which allows its owner to observe the dynamics of changes in the success of education depending on from the number of tasks/tests completed in the relevant discipline; remote lectures, practical classes, seminars in the STREAM format (for example, in the YouTube

application) with parallel online communication of the participants of this live broadcast in the chat of this DC - live broadcasts-streams (used in the practice of the implementation of DL by the Academy of Digital Development); the GitHub web service has proven itself well in practical classes on the disciplines of studying IT technologies for the convenient work of a team of students when they create a joint software application (this service is actively used in the educational process by the Kyiv School of Programming - ProgAcademy) [52,53].

Also unique for the educational process became a version of educational video content, created at the Department of Biomedical Engineering (BME) of Kharkiv National University of Radio Electronics (KNURE), which is designed for laboratory work in technical disciplines, which uses complex hardware. This content is based on the use of modern video technology with the effect of presence, which allows the user during such a remote lesson to face the maximum possible level of clarity and reality when working on complex equipment with macro and micro review, demonstration of different devices separately from each other and all together. The panoramic video that underlies this content allows the DL student to have the yourself field of vision, not the video operator who shoots the classroom or computer class, the classroom or the laboratory. Content based on the use of modern video technology with the effect of presence is a combination of the newest technologies and explanations in chalk on the blackboard. This is a real effect of presence in the classroom, where there is a lecturer who demonstrates and explains the principles of equipment, and students at their workplaces in cyberspace. Also, teachers of the Department of BME KNURE conduct classes remotely using the newest teaching aids, such as graphics tablets and interactive screens. This allows lecturers to perform transformations of mathematical expressions and write fragments of program code when conducting remote classes in dynamic mode while demonstrating the screen. This, in fact, combines the approaches of teaching in the blackboard and the presentation of material in the form of a presentation and significantly expands the methodological possibilities of conducting classes remotely during the demonstration of the screen [54].

The Department of Microprocessor Technologies and Systems (MTS) of KNURE has two laboratories with remote access to equipment (on-line laboratory), where students can create a project in real time and test its viability outside laboratories. Laboratory classes are conducted using the MOODLE platform (dl.nure.ua), video conferencing in Google Meet and remote access to PCs and laboratory layouts. Students and lecturers use the TeamViewer remote software package to remotely access PCs in laboratories. Adjustment of laboratory equipment and support during laboratory work is provided by teaching and support staff of the Department. For laboratory work, the newest equipment is used, which has the ability to connect to a PC. Laboratory models and oscilloscopes are completely controlled by a personal computer. And with the help of the camera the work of the laboratory model is broadcast on the monitor. This allows students to upload projects to laboratory layouts remotely and view the results of their work on a computer monitor using specialized software. This approach to laboratory work on microcontroller design allows students to gain hardware skills, practical microcontroller programming skills, and provides students with additional skills for remote hardware operation. To the significant achievements in the direction of creative application of information technologies in the educational process by the scientific and pedagogical personnel of KNURE includes the experience of passing exams and defense of coursework, bachelor's and master's qualification theses. The algorithms for conducting these educational events meet the requirements of the MES regarding their organization in a distance form, and the software application chosen for communication between the lecturers and the student during their implementation was chosen the same and it is Google Meet [54].

LMSs «KPI Web Class» and «CIM» are IT-developments National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” NTU(KPI) (Fig. 1,2) [55].



Figure 1. Starting page of the educational shell “KPI Web Class” NTU(KPI)



Figure 2. Starting page of the educational shell “CIM” NTU(KPI)

National Academy of National Guard of Ukraine during the training of cadets use the special training simulators for honing the skills of shooting from anti-tank and anti-aircraft missile systems ("Fagot", "Corsair", "Stugna-P", "Igla"), simulating real combat conditions with the use of augmented reality technologies (Fig. 3).



Figure 3. The special training simulators for honing the skills of shooting from anti-tank and anti-aircraft missile systems.

The informational and educational environment «DIALOG», the universal system for the development and conducting of computer tests, the complex of designing the academic schedule «CASCAD», an interactive educational and training complex for fire training «Learn to shoot accurately» («AK74 Trainer»), the complex simulator of the «Mi-8 MTB» helicopter are own IT-developments of Kharkiv National Air Force University (KNAFU) (Fig. 4-7) [52-56].

Main window

Subjects of training

№ з/п	Група	Список курсів за якими ви навчаєтесь
1	Група №111	Інформатика в напрямку підготовки 2001 "Авіація та космонавтика" курсантів Харківського національного університету Повітряних Сил
2	Група №111	Теорія інформації
3	Група №111	Обчислювальна техніка
4	Група №111	Комп'ютерна графіка
5	Група №111	Алгоритмічні мови та програмування
6	Група №111	Комп'ютерні мережі
7	Група №111	Інформатика

Testing

Course Structure

Figure 4. The IEE «DIALOG» for distance learning.

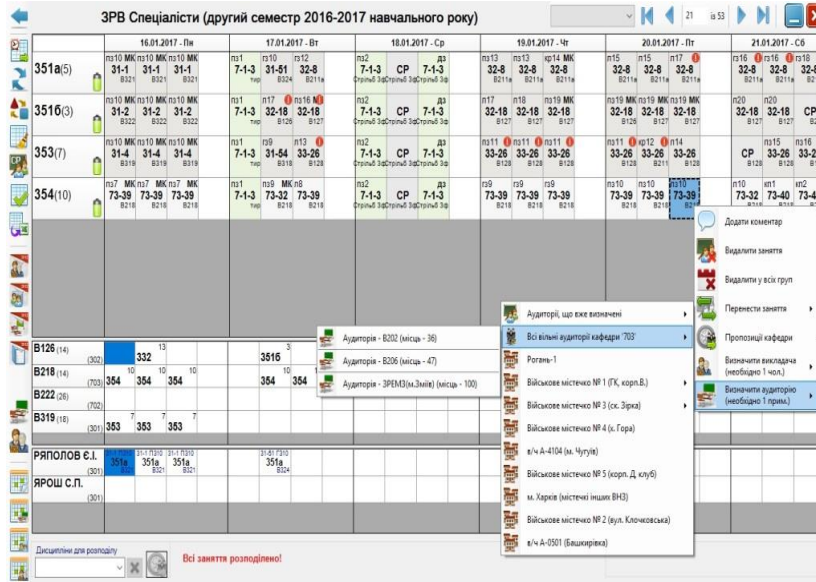


Figure 5. The user interface of software complex “CASCAD”



Figure 6. Original appearance of interface interactive educational-training complex “Learn to shoot accurately”

The year has passed since the beginning of the large-scale invasion of the Russian troops into Ukraine. The scale of war crimes committed by the Russian Federation during this period is unheard of. Europe has not known such large-scale destruction since the Second World War. 68,000 criminal proceedings have been registered under

Article 438 of the Criminal Code "Violation of the Rules and Customs of War" and every day 100-200 new proceedings are added to this number.



Figure 7. The complex simulator of the «Mi-8 MTB» helicopter.

Crimes against humanity are quite difficult to control, but it is already known about thousands of kidnappings of people in the newly occupied territories of Ukraine, which are accompanied by torture and inhumane treatment. Since the beginning of the russian invasion, more than 7 million Ukrainians were forced to leave their homes, but remained in Ukraine, almost 4.9 million Ukrainians officially received the status of internally displaced persons. According to the data of the Ministry of Reintegration of the Temporarily Occupied Territories of Ukraine on April 22, 2023 the number of Ukrainian children deported to russia already may reach from 16 to 300 thousand. About 1,000 children have been injured. The irreversible losses of human capital are simply terrible: as of the morning of April 22, 2023, as a result of the large-scale aggression of the russian federation in Ukraine, about 500 children have already died; the number of human victims among the civilian population has already reached almost 10 thousands according to official data, and among the military, this figure is also

within the same limits (the UN emphasizes that these figures are only verified and documented deaths, and the real number of dead is much higher). 81,000 Ukrainian civil infrastructure objects were destroyed, including 62,000 residential buildings. In the period from October 2022 to February 2023, 77% of Russian strikes fell on critical infrastructure objects, which led to the fact that the population of the country during the season of low temperatures was forced to suffer from the lack of heating, light, cold and hot water in the houses. According to operational information MES of Ukraine as of August 1, 2022, as a result of large-scale Russian invasion on Ukraine territory on February 24th, 2022, it was damaged 2200 Educational Institutions of Ukraine, including 225 were completely destroyed, 1975 partially damaged. Among completely destroyed – 7 IHE. The number of damaged IHE and post-graduate pedagogical education institutions is numerically greater. This number reaches 49. The most damaged IHE were in the Kharkiv (21) and Donetsk (6) regions (together 58.7% of the total number of damaged IHE). They experienced the greatest amount of destruction and damage to their real estate objects V. Karazin Kharkiv National University, “Chernihiv Polytechnic” National University, State Tax University (Irpin), G. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Mariupol State University, Azov Technical University (Mariupol), T. Shevchenko Luhansk National University (newly built building in Rubizhny, Luhansk region), M. Zhukovskiy National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute" and others. Direct damage from a large-scale invasion is estimated at 140 billion dollars, and indirect damage is five times more. All these actions are the act of genocide of the Ukrainian people, as well as the thesis of the Russian president, which was proclaimed by him on the first day of the large-scale Russian aggression against Ukraine about "denazification"...[57]

But no one will ever be able to defeat the Ukrainian people, let alone destroy us and our state – UKRAINE! Our knowledge is our power. That’s why such serious attention is paid to the issue of the implementation of the latest information technologies in the educational process precisely during the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine. The use of information technologies is our way to Victory!!! TOGETHER TO VICTORY!!! GLORY TO UKRAINE!!!

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.2.3

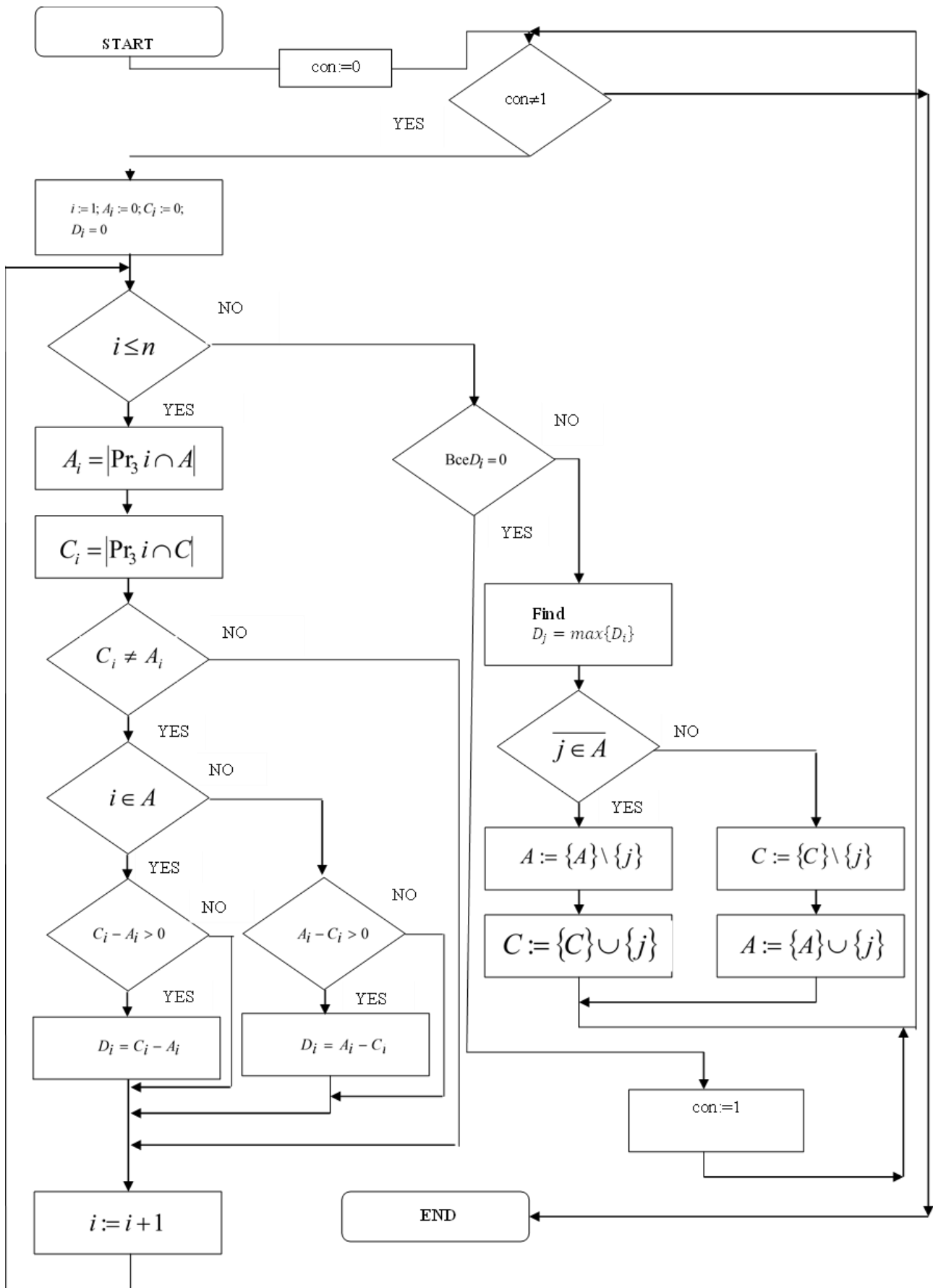
2.3 Algorithms for finding the global extremum in the case of the related resources allocation

As studies have shown [58-62], the algorithm described in this article leads to a local extremum. The local minimum is calculated according to the algorithm below:

1. An arbitrary initial condition is chosen - the set is cut into two subsets.
2. Third projections of three-dimensional tuples for subsets are considered, i.e. connections in subsets.
3. If the resource (vertex) has more “alien” links than “internal”, such a resource is transferred to the corresponding subset, points 1 and 2 are repeated, i.e. new conditions are considered, etc.

On fig. 1. The local search algorithm is shown, written in the form of a scheme and in the pseudo-language PDL PASCAL.

A local extremum is to be considered found when the further transfer of any resource is not expedient, i.e., a situation will arise when all resources have the number of "internal" neighbors greater than or equal to the number of "alien" neighbors.



a)

```

Begin
con:=0
while con ≠ 1 Do
begin
begin
j := 1
while i ≤ n Do
begin                                {resetting the original arrays/data sets}
Aj := 0;
Cj := 0;
Dj := 0;
end
i = 1
while i ≤ n Do                        {viewing vertices}
begin
Ai = |Pr3i ∩ A|;                        {forming "internal" и "alien" connections}
Ci = |Pr3i ∩ C|;
IF Ci ≠ A THEN
begin
IF i ∈ A THEN
begin
IF Ci - Ai > 0 THEN
begin
Di := Ci - Ai                        {"alien" connections for vertex from A}
end
end
ELSE
begin
IF Ai - Ci > 0 THEN
begin
Di = Ai - Ci                        {"alien" connections for vertex from C}
end
end
end
i := i + 1
end
IF {для всех i имеет место Di = 0} THEN    {transferring vertex}
begin
con := 1                                {no contenders for transfer}
end
ELSE                                    {contenders for transfer present}
begin
{находим j для каждого Dj = max{Di}      {finding vertex with the peak number of "alien"
connections}
IF j ∈ A THEN
begin
A := {A} \ {j}                            {elimination j from A}
C := {C} ∪ {j}                            {inserting j into array C}
end
ELSE
begin
C := {C} \ {j};
A := {A} ∪ {j}
end
end
end
End

```

б)

Figure 1. Algorithm for finding a local minimum: а). structural chart, б). in the pseudo-language PDL PASCAL

The problem of finding a global extremum arises. To construct a systematic approach to solving this problem, we use the definitions introduced in [63].

An individual optimization problem is a pair (F, c) , where F – arbitrary set, area of admissible points, and c – cost function that maps $c: F \rightarrow R^1$. The point $f \in F$ is to be found, for which $c(f) \leq c(y)$ for all $y \in F$. This point f named in [63] *a globally optimal solution for a given individual problem, or, where there can be no misunderstanding, simply the optimal solution.*

An optimization problem is a set of I individual optimization problems. This two problems are different. An individual problem is given "input data" and has enough information to obtain a solution, while a problem is a set of individual problems, usually generated in the same way. If a valid point $f \in F$ is given in a certain specific problem, then in many cases it is useful to define a set $N(f)$ of points that are in some sense "close" to a given point f . Let an optimization problem with a set of individual problems (F, c) be given. Then the vicinity system (or vicinity function) is the map $N: F \rightarrow 2^F$, specific for each individual problem.

If $F = R^n$, then the set of points lying within a fixed Euclidean distance from the given point forms a natural vicinity. In many combinatorial problems, the choice of N can significantly depend on the structure of F . Returning to the question of finding a global solution, it should be noted that it is often possible to find a solution f that is best insofar that there is nothing better in its vicinity $N(f)$.

Let an individual optimization problem (F, c) and a system of vicinities N , then a feasible solution $f \in F$ is called locally optimal with respect to N (or just locally optimal when N is obvious from the context), if $c(f) \leq c(g)$ for every $g \in N(f)$.

In the general case, the search algorithm for a global solution (global extremum) is reduced to repeated application of the local extremum search algorithm (LESA) under different initial conditions and choosing the best solution from those obtained.

Thus, the algorithm for searching a global extremum should be based on 2 basic algorithms:

an algorithm for determining a new initial condition (variant) (ADIC) that takes the vicinity of a local extremum (LE) out of the area;

LESA in a new vicinity (vicinity of a new LE).

LESA as applied to the graph model of the allocation of related resources problem for the case, when $K = 2$, p_j limitations are absent, and all $w_{ij} = 1$.

The generalized local search algorithm is shown in Figure 2.

```

begin
   $x^0 :=$  certain initial option of the resolution;
   $t := 0$ ;  $h := 0$ ;
  while { the ambit of the current option has not been considered  $S_\varepsilon(x^h)$  } do
    begin
       $y :=$  another option from  $S_\varepsilon(x^h)$ ;
       $\Delta := R(x^h) - R(y)$ ;
      if ( $\Delta > 0$ ) then
        begin
           $h := h + 1$ ; {increase pace}
           $x^{h+1} := y$ ; {move to a new point}
        end;
       $t := t + 1$ ;
    end;
  withdraw  $x^h$ ;
end;

```

Figure 2. The generalized local search algorithm (LS).

Metrics vicinity:

$$S_\varepsilon(\mathbf{x}) = \{y \in \mathbf{X} : d(\mathbf{x}, y) \leq \varepsilon\}$$

Metrics:

$$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{k=1}^m |x_k - y_k|, \quad \forall \mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbf{X}.$$

On fig. 3 - 5, 7 various LESA patterns are shown.

The general algorithm of local search with repetition is shown on fig. 3.

```

begin
   $x :=$  certain initial option of the resolution;
   $\bar{x} :=$  local search of  $x$ ;
   $t := 0$ ;  $h := 0$ ;
  while {shutdown predicate not satisfied} do

```

```

begin
   $\tilde{x} := \text{disturbance } \bar{x}$ ;
   $\bar{\tilde{x}} := \text{local search } \tilde{x}$ ;
  if {reciency predicate is satisfied} then
    begin
       $\bar{x} := \bar{\tilde{x}}$ ;
       $h := h + 1$ ;
    end;
     $t := t + 1$ ;
  end;
  withdraw  $\bar{x}$ ;
end;

```

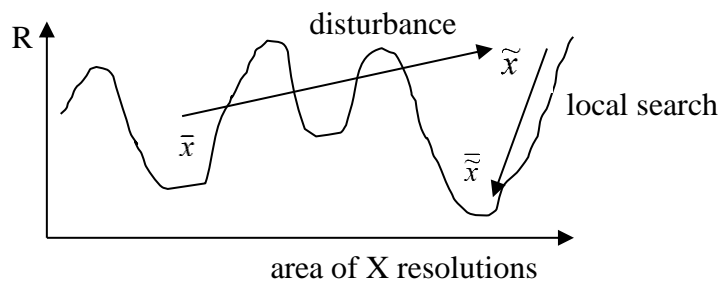


Figure 3. The general algorithm of local search with repetition (LSR).

The general algorithm for recoil simulation based on the Boltzmann principle is shown on Fig. 4.

```

begin
   $x^0 :=$  certain initial option of the resolution;
   $T_0 :=$  initial temperature {conditional indicator, changing according
    to the Boltzmann-Gibbs formula -  $p = e^{-\Delta/T}$ };
   $t := 0$ ;  $h := 0$ ;
   $x_{rec} := x^0$ ;  $R_{rec} = R(x_{rec})$ ;
  while {stop predicate is not veritable} do
    begin
      while {balance condition not satisfied} do
        begin
           $y :=$  certain variant of  $S_\varepsilon(x^h)$ ;
           $\Delta := R(y) - R(x^h)$ ;
           $p := \min\{1, e^{-\Delta/T}\}$ ;
           $\xi := \text{random}[57,58]$  {random number generation};
          if ( $p > \xi$ ) then
            begin
               $x^{h+1} := y$ ;
              replace if necessary  $x_{rec}, R_{rec}$ ;
               $h := h + 1$ ;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  withdraw  $x_{rec}$ ;
end;

```

Figure 4. The general algorithm for recoil simulation based on the Boltzmann-Gibbs principle (RS)

The general algorithm for accelerated probabilistic modeling is shown on fig. 5.

```

begin
   $x^0 :=$  certain initial option of the resolution;
   $\mu_0 := 0$ ;
   $t := 0$ ;  $h := 0$ ;
   $x_{rec} := x^0$ ;  $R_{rec} := R(x_{rec})$ ;
  while {stop predicate verity condition not satisfied} do
    begin
      while {balance condition not satisfied} do
        begin
           $y :=$  certain variant of  $S_\epsilon(x^h)$ ;
           $\Delta := R(y) - R(x^h)$ ;
           $p := \min\{1, 1 - \Delta/(\gamma R(x^h))\}$ ;
           $\xi := \mu_t + \text{random}[57, 58] (1 - \mu_t)$ ;
          if ( $p > \xi$ ) then
            begin
               $x^{h+1} := y$ ;
              replace if necessary  $x_{rec}, R_{rec}$ ;
               $h := h + 1$ ;
            end;
          end;
        end;
        formulate the next value  $\mu_{t+1}$ ;
         $t := t + 1$ ;
      end;
    end;
  withdraw  $x_{rec}$ ;
end;

```

Figure 5. The general algorithm for accelerated probabilistic modeling (APM)

To solve the problem of finding a global extremum, the idea of heuristic self-organization or, developed on its basis, the strategy of "genetic algorithm" has been

actively used recently. The general pattern of the genetic algorithm is shown on Figure 7.

Fig. 8 shows the results of the study of the convergence of the algorithms above.

With regard to the studied problem in terms of a genetic algorithm, recalling the formula

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{if } x_i \in A \\ 1 & \text{if } x_i \in C. \end{cases} \quad i = \overline{1, N},$$

a general view of the "chromosome" is obtained.

y_1	y_2	y_3	...	y_i	...	y_N
-------	-------	-------	-----	-------	-----	-------

In fact, this is the characteristic vector of the partition.

The next chromosome describes the partition shown on fig. 6

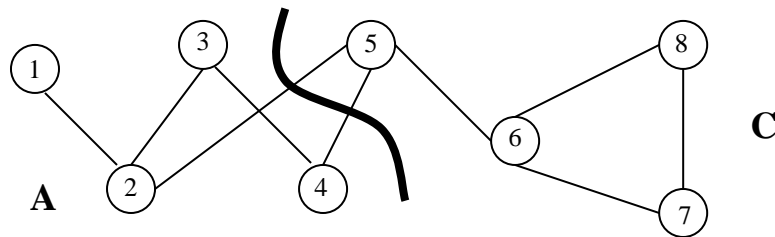


Figure 6. Graph diagram

1	1	1	1	0	0	0	0
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

The genes that make up the original population are separate vector-orts, in which the i -th position contains the value y_i , that fixes the affiliation of the i -th vertex to the set A ($y_i = 1$)

			...	1	...	
--	--	--	-----	----------	-----	--

or to the set C ($y_i = 0$).

			...	0	...	
--	--	--	-----	----------	-----	--

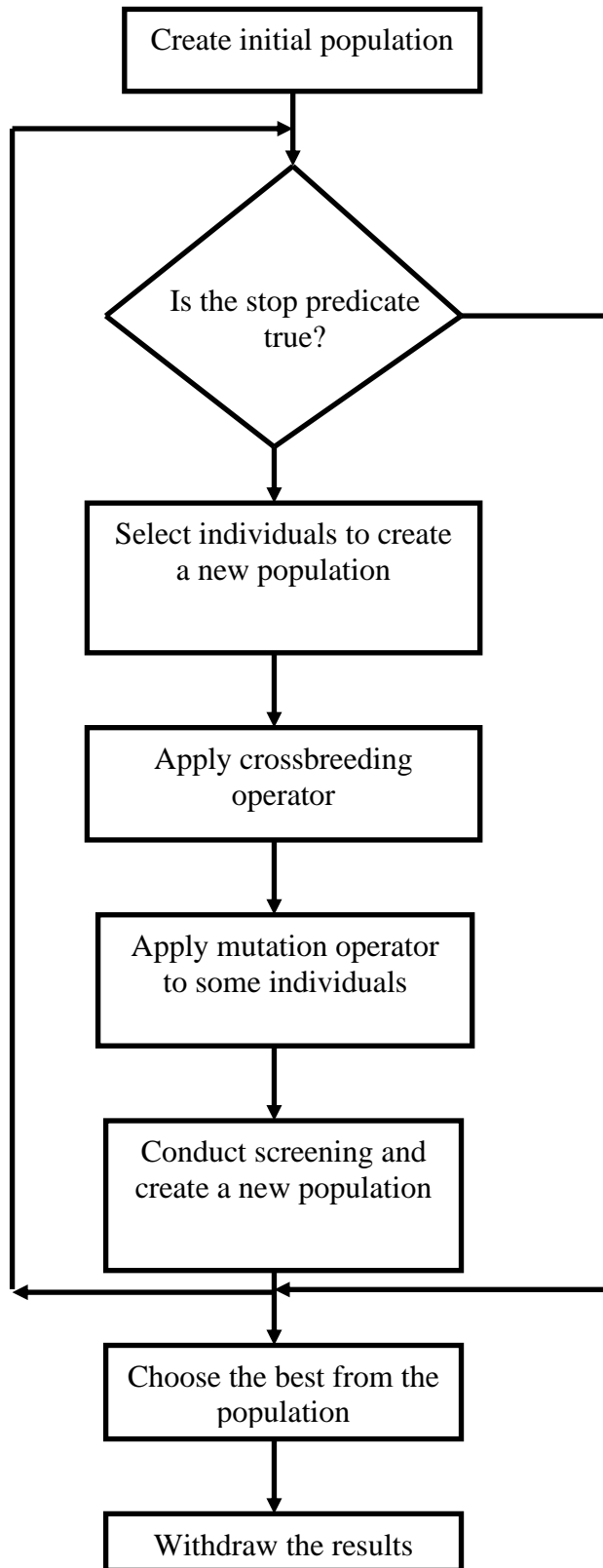
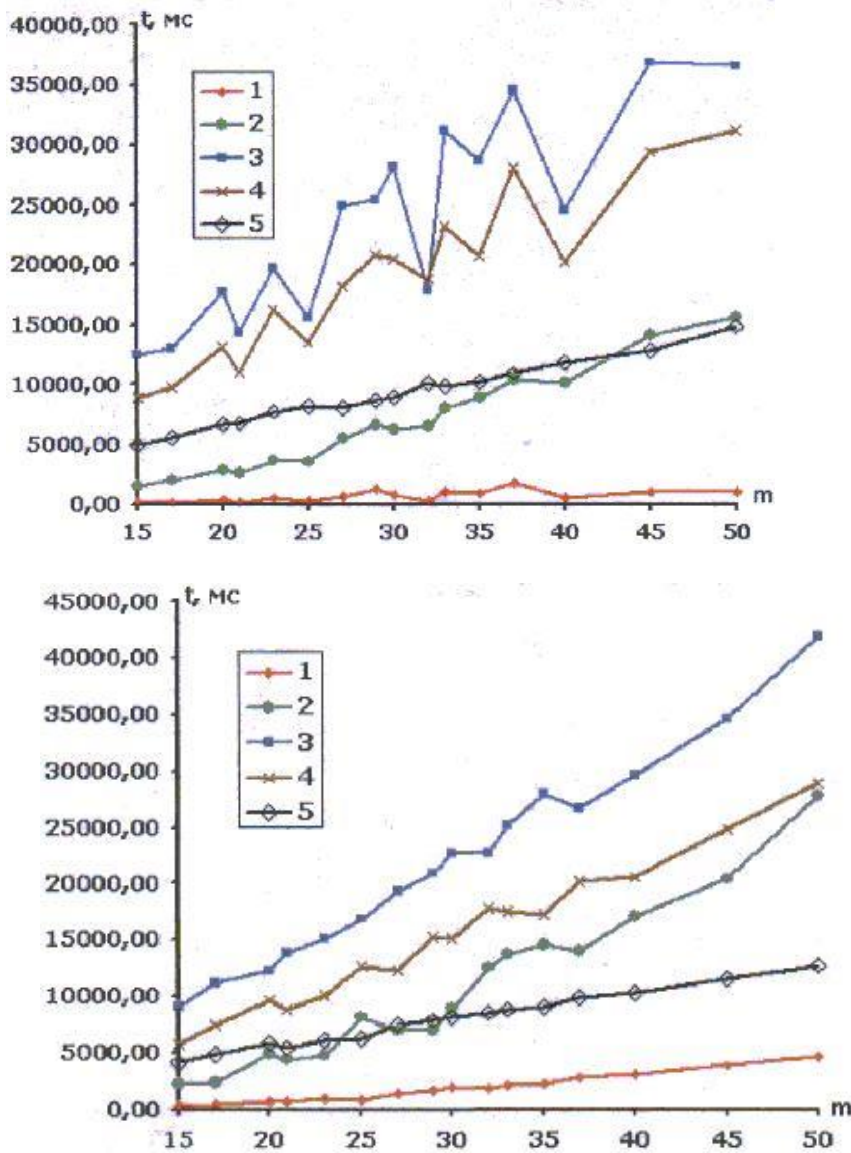


Figure 7. General pattern of the genetic algorithm (GA)

The rest of the vector components are not defined.



1 - LS, 2 - LSR , 3 - RS , 4 - APM, 5 - GA.

Figure 8. Results of the study of global extremum search algorithms.

The elimination of unpromising chromosomes occurs according to the criterion of minimality of “broken” bonds (between resources that fell into different sets):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j<i} w_{ij} |y_i - y_j| \longrightarrow \min$$

or

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j<i} w_{ij} y_i (1 - y_j) + \sum_{i=1}^n \sum_{j<i} w_{ij} (1 - y_i) y_j \longrightarrow \min.$$

Combinations of genes describing the clique of the original graph should be considered promising, because it is assumed that the rapture of such a clique leads to an increase in the number of broken bonds.

The idea of genetic algorithms does not change the heuristics of the applied rules, therefore, is not to be used for this research in the future.

2.4 Current aspects, challenges, threats and solutions of cyber security

Cybersecurity is increasingly viewed as a strategic problem of the state, which comprehensively affects the country's economy, including the interaction of national developers of software and control systems, manufacturers of equipment and components for providing ICT infrastructure, whose low market competitiveness leads to the need to use solutions from foreign manufacturers. In practice, this phenomenon leads to a rapid increase in dependence on foreign manufacturers and a decrease in the level of information protection due to the forced use of "closed" software and hardware in all segments of the infrastructure for both special government departments and the civil sector [64].

In the near future, dependence on foreign equipment manufacturers and software developers may reach a critical level. For example, despite the virtual "iron curtain" created, the Chinese authorities actually recognized complete dependence and insecurity due to the widespread use of the software platform for Android mobile devices (the platform's share in the Chinese market in 2022 was 86,4%), based on the "open" code, but under the control of US special services. From an economic point of view, this phenomenon has a positive impact on the development of the electronics industry and the real sector, which use "open" software for the production of mobile devices, but at the same time creates a real threat to national security, transferring it under the control of foreign specialists. services.

In order for national cybersecurity to be able to match the level of leading economic powers, it is necessary, among other things, to take consistent actions on the part of the state aimed at increasing efficiency and developing the system of interaction between participants in the IT industry.

In turn, enterprises, developers and manufacturers should pay special attention to information security issues in the developed / manufactured products, placing increased requirements on the reliability and security of the proposed solutions, and only in extreme cases and if it is necessary to increase the market orientation of individual products should use the solutions of foreign vendors. and software

developers. Consider the existing threats to cybersecurity, taking into account current trends in the development of the IT industry in the world [65].

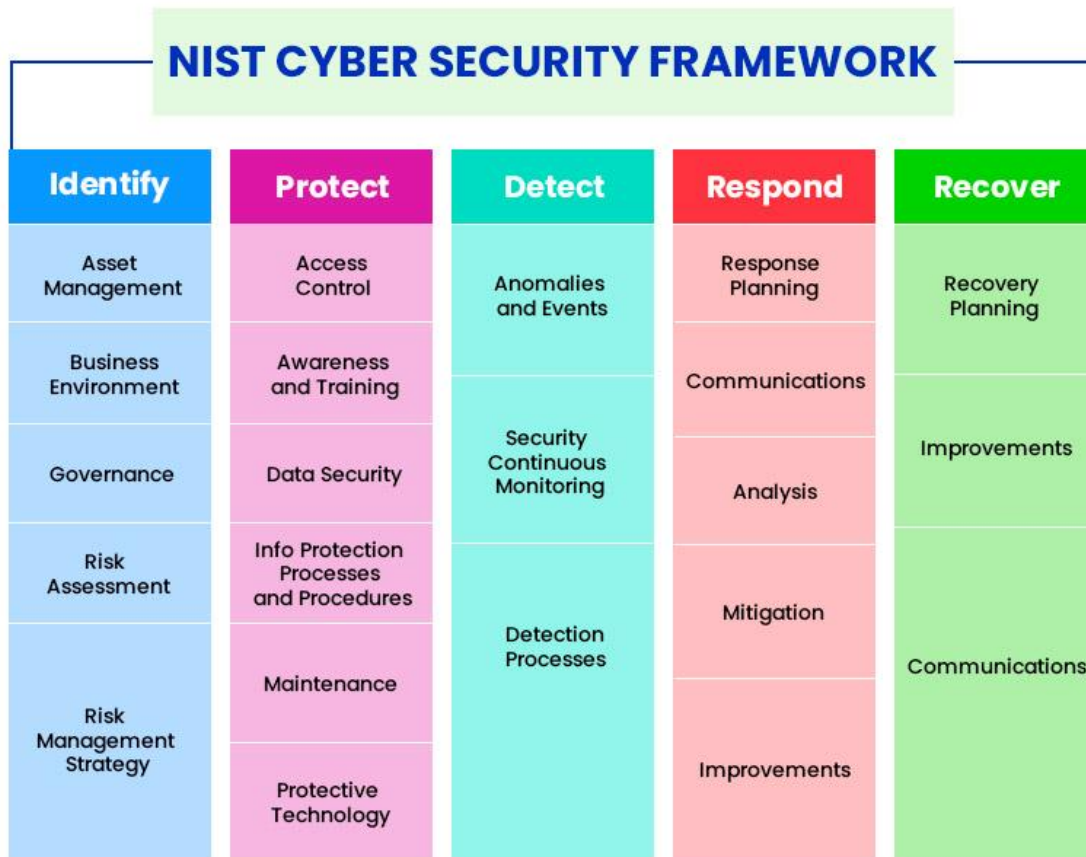
The concept of cybersecurity includes many different types of problems, and contains even more solutions. Cybersecurity is an area of active research and development in the information technology community, with participants from all parts of the IT ecosystem (Pic. 1).

Many areas of cybersecurity have common themes and issues that require an integrated approach. Pic. 2 briefly highlights some of the major cybersecurity problem areas and shows where some of these problems can be addressed with technical solutions developed by commercial organizations, standards organizations and Internet users.

In the vast majority of cases, the most successful attacks by hackers, criminals, and other intruders target servers and end-user computers connected to the Internet. Among the tools that are used to attack computers are malware, Trojan horses, botnets, phishing, distributed denial of service (DDoS) attacks, and man-in-the-middle attacks.

Securing computers, whether they be servers, desktops, laptops or smartphones, is the goal of the work of a wide variety of groups within the IT and Internet communities, and will help identify some of the big players, as well as their areas of interest.

It is important to note that the vast majority of companies are foreign developers and manufacturers, for the most part dominating the market. However, even finding a technological solution to a cybersecurity problem does not mean that the problem itself disappears – it just becomes possible to solve it. For example, end-to-end encryption using SSL/TLS algorithms is a well-known technology that can be used as a solution to many of the problems listed above. However, it has not been universally accepted. This is partly due to historical reasons and organizational inertia, as well as illiteracy or poor information. Having well-known solutions to well-known problems is of little value if those solutions are not used.



Pic. 1. Topics and areas of cybersecurity

Thus, the issues of ensuring national cybersecurity depend not only on technical methods of implementation, but, more importantly, on the availability and real demand for these solutions. If the task of ensuring information security during transmission over networks and communication channels can be solved mainly by using cryptographic information protection tools of domestic production, then ensuring communication security from destructive influences is a problem, since in view of the lack of own infrastructure, it is necessary to order the necessary services from commercial telecom operators, whose networks are deployed on imported equipment. This applies to both the fixed, mobile and satellite components. In fact, the entire unified telecommunications network is in the most severe technological dependence and for this reason cannot serve as a trusted environment and a reliable basis for the command and control system, since at any moment it can be controlled and controlled by a potential enemy. Thus, it is possible to fully and reliably solve communication security issues only when Russian telecommunications equipment is used in the

country's networks, and even better, a single dedicated network is created on its basis in the interests of public administration [66].

Cyber Security Problems Solutions

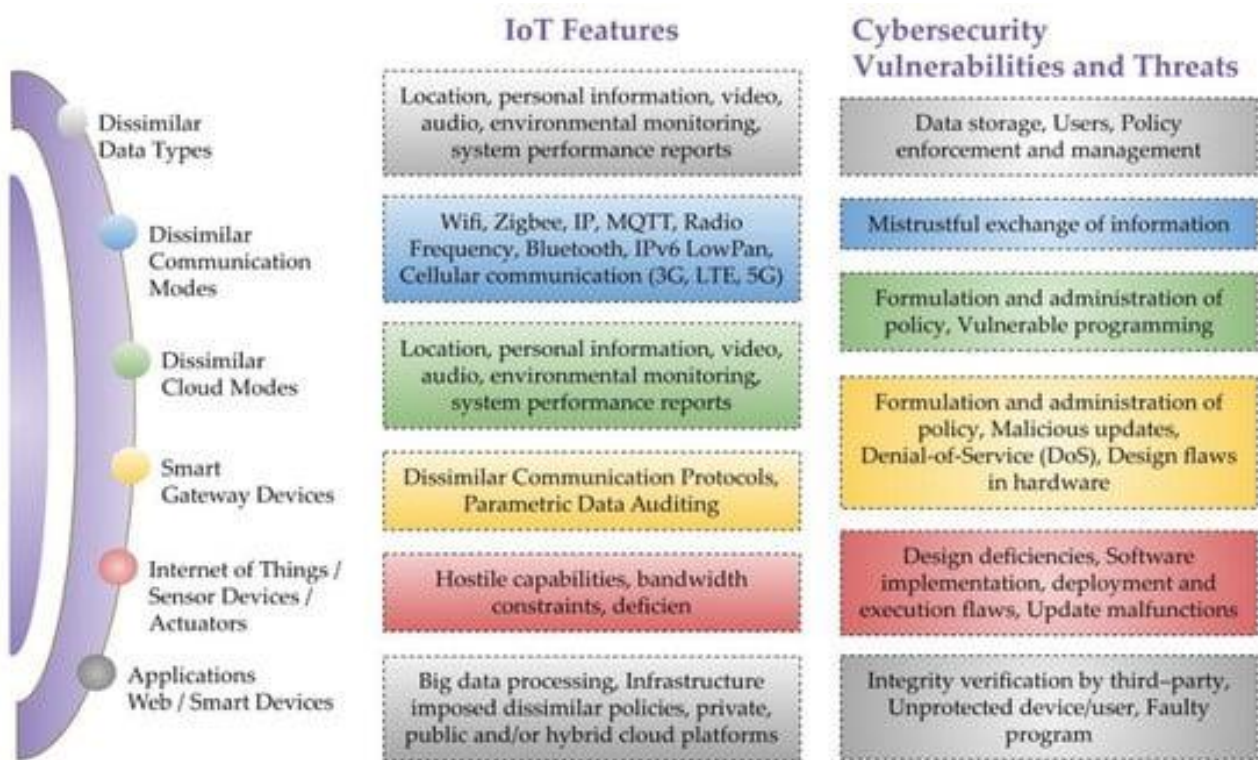


Pic. 2. Cyber security issues and technological solutions

Many governments in their cybersecurity development programs pay special attention to infrastructure closely related to security issues. To assess the scope of the cybersecurity problem and possible threats, it is important to understand the relationship between cybersecurity, critical infrastructure (CI), critical information infrastructure (CII), critical information infrastructure protection (CIIP), and non-critical infrastructure (Pic 3).

While definitions may vary slightly, Critical Infrastructures (CIs) are generally considered to be key systems, services, and functions whose failure or destruction has a detrimental effect on public health and safety, business, and national security, or a combination of both. CIs are made up of both material (for example, buildings and structures) and virtual elements (for example, systems and data). Each country may have its own understanding of the term “essential”, but usually this concept can include elements of information and communication technologies (ICT) (including

telecommunications, energy, banking, transport, public health, agriculture and food, water supply, chemical industry , shipping, and essential government services).



Pic. 3. Relationship between cybersecurity and the protection of critical information infrastructure

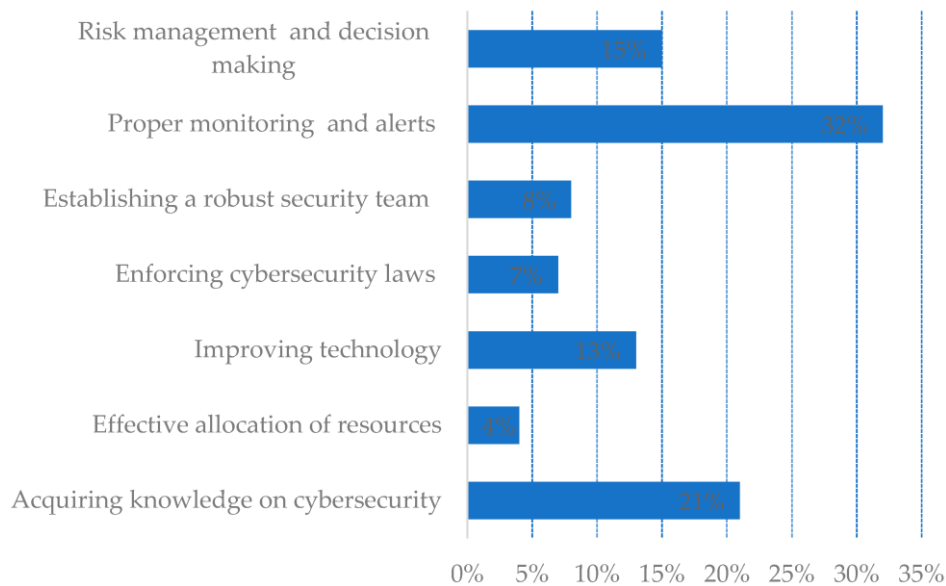
Each of these sectors of the economy has its own physical resources, such as bank buildings, power plants, trains, hospitals, and government offices. At the same time, all these important sectors of the national economy depend on information and communication technologies [67].

The key problem is that the largest consumers of such products cannot abandon the products of foreign vendors in favor of domestic solutions. At the same time, most government departments, having their own networks and incurring annual costs (including the development of telecommunications equipment and information security), purchase imported solutions. It is thanks to these trends, according to experts, that an additional market opens up for foreign manufacturers in addition to the civil one - the market for special and state purposes. An alternative solution to the problem can be the creation of a single network with a logical division of resources.

At the moment, a critical situation has developed, in which, with a high degree of probability, foreign solutions with an "unknown" stuffing. Even after carrying out special events to test and analyze the potentially dangerous properties of the solutions used, we have no reason to believe that these properties are guaranteed not to be able to manifest themselves under a certain set of conditions in the future.

The problem of engineering ownership based on solutions of foreign vendors is of a systemic nature, both in terms of ensuring cybersecurity and in terms of the current state of the Russian electronics industry. The development and production of electronics as a process, as well as the use of electronics in domestic and foreign markets (including the market for special customers), as a result, are not efficient enough, which is a complex problem for the entire industry. Along with companies that have succeeded in development, but do not promote their products to the market, there are companies that develop and promote their quite successful products, but interact only with foreign chip vendors. Why is this happening?

When creating a competitive product, business tasks are the main ones, while the question of the development of electronics at the industry level remains outside the brackets. Thus, the business refuses to use an expensive and uncompetitive Russian-made chip, since the use of such a "raw" chip carries huge risks for the business. Therefore, to create consumer electronics, as a rule, imported chips are chosen at the stage of technical design. The problem of the lack of interaction between chip vendors and electronics developers is a systemic one. On the one hand, barriers are built by electronics developers - even if chip designers have developed a good microcircuit, its use is blocked by their colleagues - electronics design engineers - under any formal pretext. On the other hand, barriers are created by chip designers who are not market-oriented enough. Often they create chips only for reporting on R&D, it is impossible to make a competitive product on their basis (Pic. 4).



Pic. 4. Aspects of cybersecurity

Today there is a situation where R&D to create a product that guarantees compliance with cybersecurity requirements, it is impossible to get a result by interacting only with enterprises.

The world-famous outsourcing production model can be chosen as a solution, according to which the development and launch of demanded products on the market is possible only if there is close cooperation with foreign and domestic companies. This allows at the design stage to form the concept of a new product, presenting it with the modern requirements demanded by the market and transfer to third-party specialized manufacturers the types of work that are not core for the enterprise. For example, activities such as organization of device circuitry, production of electronic components, industrial batch production of devices, technical support and distribution can be transferred to specialized enterprises in the industry. This model allows, with maximum economic efficiency, to ensure the development and launch of solutions to the market according to world production standards in a time-limited production cycle.

If we consider the business model of interaction through an outsourcing model, then we can distinguish three main levels:

1. Semiconductor market, creation of a component base, processors.
2. Electronics market, development and production of electronics.
3. Consumer market, distributors.

The above scheme forms a common understanding of how the division of markets into levels is now taking place, and how the scheme of cooperation is built in world practice when creating products in the field of electronics.

By narrowing the scope of activities, companies are increasingly concentrating on their priority areas and gaining technological advantages in them, allowing them to significantly increase their share in the selected market segment. The division into levels is due to a number of economic factors and the rapidly growing technological complexity of each individual area. It turns out that it is often more expedient to concentrate certain competencies within one enterprise than to build a vertically integrated company responsible for the full cycle.

Such delimitation of areas of responsibility makes it possible to ensure the economic effect of the development of new products and the cyclical nature of production in a constantly changing market, allows the electronics industry to develop dynamically, but at the same time, each of the enterprises is dependent on other participants in cooperation. For the development of domestic production of certified high-tech products of radio electronics and world-class software for the market of special customers, it is necessary to introduce an outsourcing model into the system of interaction between domestic manufacturers and developers within the industry.

Thus, a systematic approach to cybersecurity issues at the state level includes not only raising awareness of the existence of risks in cyberspace, creating national structures dealing with cybersecurity issues, but also establishing the necessary relationships between various groups of participants, including between sectors of the economy, to development of an outsourcing model of production. A comprehensive cybersecurity program backed by systemic R&D planning will, on the one hand, help protect the country's economy from disruption by promoting business continuity planning in various sectors and protecting information stored in information systems, and, on the other hand, help stimulate production and marketing for domestic infocommunication enterprises, thereby reducing the country's dependence on foreign manufacturers and developers and supplying civilian and special markets with completely safe and modern world-class solutions [68].

2.5 Удосконалення розпізнавання типу супроводженої цілі у радіолокаторі з амплітудним миттєвим порівнянням сигналів

В статті висвітлено порядок вирішення задачі виміру геометричних розмірів цілей та їх взаємного відношення для більш точного розпізнавання цілей в РЛС супроводження з амплітудним миттєвим порівнянням сигналів. Отримані співвідношення вирішення даної задачі дозволили авторам запропонувати структурну схему визначення типу цілі. Необхідність вирішення даного завдання в першу чергу для РЛС супроводження X-діапазону хвиль, що можуть застосовуватися як станції наведення ракет, полягає у розширенні можливостей правильно приймати рішення відповідним персоналом, щодо кількості боєприпасів для обстрілу конкретного типу цілей.

Ключові слова: *РЛС супроводження з амплітудним миттєвим порівнянням сигналів, розпізнавання цілей, амплітудний моноімпульсний пеленгатор, діаграма направленості антени, система автоматичного кутового вимірювача координат, кутовий шум цілі, рівносигнальний напрямок.*

В сучасних РЛС супроводження з амплітудним миттєвим порівнянням сигналів для розпізнавання цілей використовуються спектральні відмінності, енергетичні відмінності, швидкісні відмінності тощо [74-76]. Але додатковою важливою відмінністю є геометричні розміри цілей [77-80]. При застосуванні технологій, що зменшують ефективну поверхню цілі (ЕПВ), що відбиває питання розпізнавання типу цілі за геометричними розмірами зовсім затруднено [81]. Приклади геометричних розмірів цілей за типами надані у табл. 1.

Таблиця 1. Геометричні розміри цілей за типами

Тип цілі	Важкий бомбардувальник (типу Ту-95МС)	Тактичний випищувач (типу МіГ-29)	Крилата ракета (3М-14 «Калибр»)	Авіаційна бомба (ФАБ-500М- 54)
Довжина цілі ($L_{ц}$), м	47,05	17,32	6,25	1,5
Висота цілі ($H_{ц}$), м	13,20	4,73	0,54	-
Розмах крила ($G_{ц}$), м	50,05	11,36	3,08	-
Площа крила ($S_{ц}$), кв.м	295	38,1		-
Діаметр корпусу ($D_{ц}$), м	-	-	0,53	0,45

Тому актуальною є задача виміру геометричних розмірів цілей та їх взаємного відношення, які поки що не вдається вимірювати.

Аналіз показує, що для дозвукових й малошвидкісних літальних апаратів відношення висоти до довжини ($H_{ц}/L_{ц}$), або розмаху крил ($H_{ц}/G_{ц}$) складає близько 0,25-0,28, для тактичної швидкісної авіації це відношення знаходиться в діапазоні 0,3-0,45, для крилатих ракет та керованих авіабомб – 0,5-0,9 [77-80].

У зв'язку з цим пропонується додати до признаков класифікації типу цілі ще й також співвідношення їх розмірів.

Амплітудний моноімпульсний пеленгатор (АМП) [74,75] системи автоматичного кутового вимірювача координат будується за методом миттєвого порівняння сигналів, який передбачає прийом у кожній площині вимірювання координат відбитого від цілі сигналу двома однаковими парціальними діаграмами направленості (ДН) антени $F_1(\theta)$ і $F_2(\theta)$ з єдиним електричним центром і розведеними у просторі осями на кут $2\theta_0$, рівний 0,6-0,8 ширини діаграми направленості, і рівносигнальним напрямком (РСН), зображеними на рис. 1.

Відхилення цілі від РСН характеризується кутом $\theta'_{\text{ц}}$.

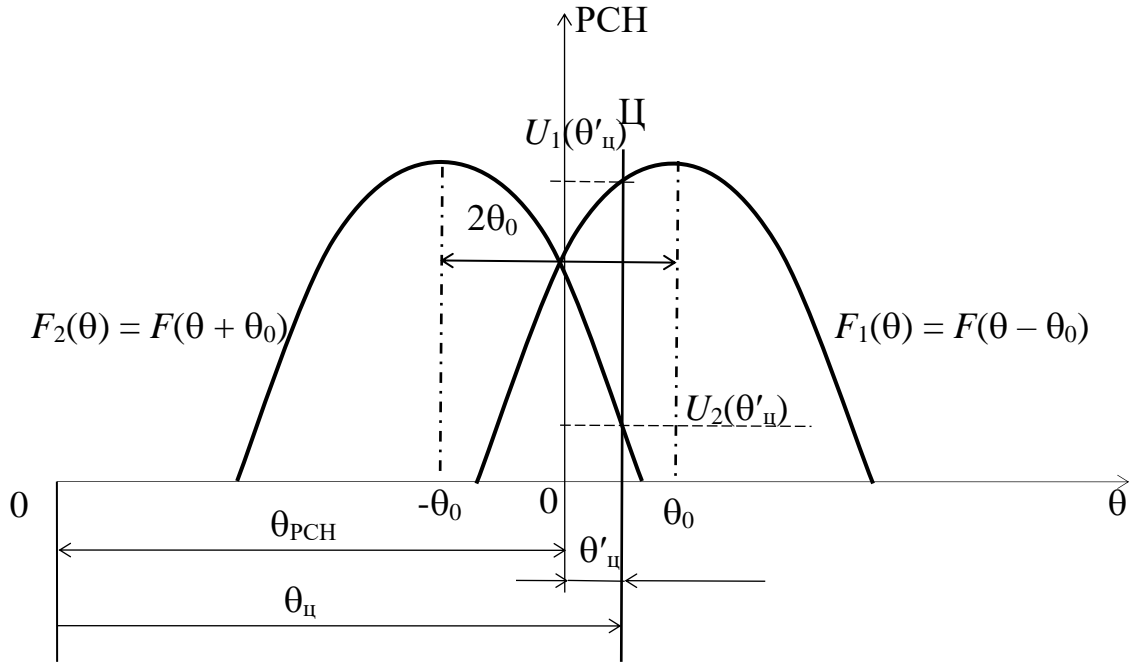


Рисунок 1 – Амплітудна миттєва рівносигнальна зона і кутове положення цілі у прямокутній системі координат

Таким чином, кутова координата цілі становить:

$$\theta_{\text{ц}} = \theta_{\text{pcн}} \pm \theta'_{\text{ц}}. \quad (1)$$

Як видно з рис. 1, прийнятий сигнал від цілі двома діаграмами направленості, можна визначити за співвідношеннями [75,76]

$$u_1(\theta'_{\text{ц}}) = U_1(\theta_{\text{ц}}) \cos(2\pi f_c t + \varphi_c) = U_c F(\theta_0 - \theta'_{\text{ц}}) \cos(2\pi f_c t + \varphi_c); \quad (2)$$

$$u_2(\theta'_{\text{ц}}) = U_2(\theta_{\text{ц}}) \cos(2\pi f_c t + \varphi_c) = U_c F(\theta_0 + \theta'_{\text{ц}}) \cos(2\pi f_c t + \varphi_c), \quad (3)$$

де $U_1(\theta_{\text{ц}})$ і $U_2(\theta_{\text{ц}})$ – амплітуди прийнятого сигналу цілі першою та другою діаграмами направленості;

U_c, f_c і φ_c – амплітуда, частота і фаза прийнятого сигналу цілі;

$F(\theta)$ – парціальна діаграма направленості.

В [74] показано, що в результаті сумарно-різницевої обробки прийнятих сигналів та при малих кутах $\theta'_{\text{ц}}$ формуються різницевий сигнал:

$$U_{\Delta}(\Delta\theta) = U_c[F_2(\theta_0 - \theta'_{\text{ц}}) - F_1(\theta_0 - \theta'_{\text{ц}})] = U_c F(\theta_0)\mu\theta'_{\text{ц}} \quad (4)$$

та сумарний сигнал:

$$U_{\Delta}(\Delta\theta) = U_c[F_2(\theta_0 - \theta'_{\text{ц}}) + F_1(\theta_0 - \theta'_{\text{ц}})] = U_c F(\theta_0), \quad (5)$$

де μ – крутизна дискримінаторної характеристики АМП;

$F(\theta_0)$ – коефіцієнт підсилення антени у рівносигнальному напрямку.

Рівність $U_1(\theta) = U_2(\theta)$ досягається при $\theta'_{\text{ц}} = 0$, тобто за умови, що ціль знаходиться на РСН. В режимі слідкуючого вимірювання кутових координат [75,76] забезпечується рівність $\theta_{\text{РСН}} = \theta'_{\text{ц}}$. Тому $\theta_{\text{РСН}}$ стає значенням кутової координати в кожній плоскості вимірювання.

Типова структура амплітудного моноімпульсного пеленгатора системи автоматичного кутового вимірювача сучасних РЛС супроводження цілей [75-77] приведена на рис. 2.

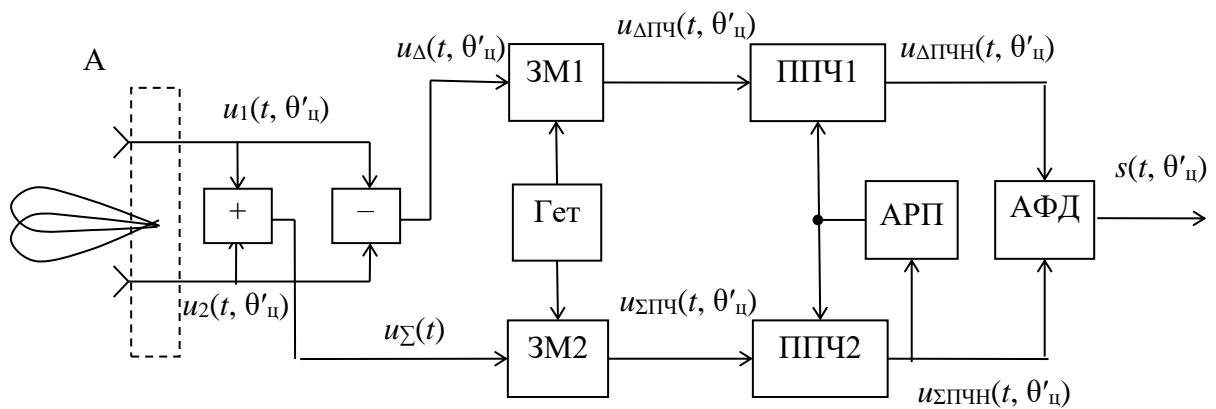


Рисунок 2 – Структурна схема АМП з автоматичним регулюванням підсилення

Таким чином, різницевий сигнал (4) містить інформацію про кутове відхилення цілі від РСН, а саме $\theta'_{\text{ц}}$.

Для стабілізації дискримінаторної характеристики, усунення залежності похибки $\theta'_{\text{ц}}$ від флуктуацій амплітуди сигналу та її зміни від дальності до цілі різницевий і сумарний сигнали після пониження частоти у змішувачах (ЗМ) величину частоти гетеродину (Гет) нормуються амплітудою сумарного сигналу

у підсилювачах проміжної частоти (ППЧ), охоплених схемою автоматичного регулювання підсиленням (АРП). На виходах ППЧ сигнали різницевого і сумарного каналів мають вигляд:

$$u_{\Delta\text{ПЧН}}(t, \theta'_\text{ц}) = 2\mu\theta'_\text{ц} \frac{K_{\Delta}U_c F(\theta_0)}{K_{\Sigma}U_c F(\theta_0)} U_0 \cos(2\pi f_{\text{ПЧ}}t + \varphi_c); \quad (6)$$

$$u_{\Sigma\text{ПЧН}}(t) = \frac{K_{\Sigma}U_c F(\theta_0)}{K_{\Sigma}U_c F(\theta_0)} U_0 \cos(2\pi f_{\text{ПЧ}}t + \varphi_c), \quad (7)$$

де $U_0 = \text{const}$ – амплітуда напруги, яка виставлена у схемі АРП у початковому стані;

$f_{\text{ПЧ}}$ – проміжна частота сигналу цілі після змішувачів;

K_{Δ} і K_{Σ} – коефіцієнти підсилення різницевого і сумарного приймальних каналів.

Приймальні канали повинні забезпечувати однакові коефіцієнти підсилення $K_{\Delta} = K_{\Sigma} = K$, інакше, як видно з (6,7), виникає похибка різноканальності.

Після обробки на амплітудно-фазовому детекторі сигнал оцінки похибки відхилення наряду на ціль від РСН має вигляд:

$$S(t, \theta'_\text{ц}) = \overline{u_{\Delta\text{ПЧН}}(t, \theta'_\text{ц}) \cdot u_{\Sigma\text{ПЧН}}(t)} = \mu\theta'_\text{ц} U_0^2 K_{\text{ФД}}, \quad (8)$$

де $K_{\text{ФД}}$ – коефіцієнт передачі фазового детектора;

$\overline{u_{\Delta\text{ПЧН}}(t, \theta'_\text{ц}) \cdot u_{\Sigma\text{ПЧН}}(t)}$ – операція помноження вхідних сигналів з низькочастотною фільтрацією вихідного сигналу.

Враховуючи, що ціль взагалі є об'єктом складної конфігурації, а тому має багато точок відбиття сигналів (“яскравих точок” цілі), які утворюються суперпозицією відбитих сигналів на вході антени. Всі ці сигнали практично не

корельовані внаслідок швидко змінного різного набігу фаз у кожній “яскравій точці” особливо у X-діапазоні хвиль.

У випадку коли прийняті діаграмами направленості сигналу є суперпозицією відбитих сигналів однієї цілі, то виникає блукання сумарного центру відбиття утворюючи так званий “кутовий шум” цілі, який стає тим більшим чим більша за розмірами ціль. Цей факт спостерігається при контролі флуктуацій амплітуди різницевого каналу при автоматичному супроводженні цілі за кутовими координатами, де АМП є дискримінатором.

Для виділення таких флуктуацій можна скористуватися запропонованим у [78] підходом виявлення наявного кутового розміру пари рознесених у просторі джерел випромінювання, сигнали яких не корельовані між собою, за рахунок ортогональної обробки різницевого сигналу шляхом введення відносного фазового зсуву на $\pi/2$ між різницеvim і сумарним сигналами.

Для цього потрібно розглянути сумарно-різницеvu обробку суми сигналів двох “блискучих точок”, рознесених в протилежних напрямках відносно рівносигнального напрямку антени для однієї площини вимірювання координат.

Тоді після сумарно-різницевої обробки буде отримано різницевий і сумарний сигнали виду:

$$U_{\Delta}(\Delta\theta) = U_1 F(\theta_0) \mu \theta'_1 \sin \Phi_1(t) + U_2 F(\theta_0) \mu \theta'_2 \sin \Phi_2(t), \quad (9)$$

$$U_{\Sigma}(\Delta\theta) = U_1 F(\theta_0) \cos \Phi_1(t) + U_2 F(\theta_0) \cos \Phi_2(t), \quad (10)$$

де U_1 і U_2 – амплітуди сигналів першої та другої “блискучої точки”;

θ'_1 і θ'_2 – кутові відхилення першої та другої “блискучої точки” від РСН;

$\Phi_1(t)$ і $\Phi_2(t)$ – повні фази сигналів амплітуди сигналів першої та другої “блискучої точки”.

В [77] запропоновано знайти взаємну кореляційну функцію різницевого і сумарного сигналів з виділенням низькочастотної складової:

$$R_{\Delta} = \int_0^T U_{\Delta}(t) U_{\Sigma}(t - \tau) dt \Big|_{\tau=0} = \overline{U_{\Delta}(t) \times U_{\Sigma}(t)} =$$

$$= F^2(\theta_0) [U_1 \mu \theta'_1 \sin \Phi_1(t) + U_2 \mu \theta'_2 \sin \Phi_2(t)] \times [U_1 \cos \Phi_1(t) + U_2 \cos \Phi_2(t)] =$$

$$= F^2(\theta_0) \left[\begin{array}{l} U_1 U_2 \mu \theta'_1 \frac{1}{2} \{ \sin[\Phi_1(t) - \Phi_2(t)] + \sin[\Phi_1(t) + \Phi_2(t)] \} + \\ + U_1 U_2 \mu \theta'_2 \frac{1}{2} \{ \sin[\Phi_2(t) - \Phi_1(t)] + \sin[\Phi_2(t) + \Phi_1(t)] \} \end{array} \right].$$

В результаті низькочастотної фільтрації помножених сигналів буде отримано:

$$R_{\Delta} = \int_0^T U_{\Delta}(t) U_{\Sigma}(t) dt = \overline{U_{\Delta}(t) \times U_{\Sigma}(t)} = U_1 U_2 \mu (\theta'_1 - \theta'_2) \frac{1}{2} \sin[\Phi_1(t) - \Phi_2(t)]. \quad (11)$$

В амплітуді сигналу закладено різницю:

$$\theta'_1 - \theta'_2 = \Delta\theta, \quad (12)$$

яка являє собою кутовий розмір пари “бліскучих точок”, тому що кути θ'_1 і θ'_2 мають протилежні знаки відносно РСН. Але залежність амплітуди від змін величин добутку U_1 і U_2 не дозволяє використовувати $\Delta\theta$ безпосередньо.

Сигнал (11) для горизонтальної площини шляхом формальної заміни θ'_1 і θ'_2 на β'_1 і β'_2 можна записати у вигляді:

$$R_{\Delta\beta} = U_1 U_2 \mu (\beta'_1 - \beta'_2) \frac{1}{2} \sin[\Phi_1(t) - \Phi_2(t)]. \quad (13)$$

Для знаходження лінійного розміру цілі в горизонтальній площині достатньо помножити кутовий розмір $\Delta\beta = \beta'_1 - \beta'_2$ на дальність до цілі $r_{ц}$ наступним чином [78]:

$$L_{ц} = r_{ц} \sin(\Delta\beta) \underset{\text{при } \Delta\beta \rightarrow 0}{=} r_{ц} \cdot \Delta\beta. \quad (14)$$

Якщо провести аналогічну обробку сигналів у вертикальній площині вимірювання координат, то шляхом формальної заміни θ'_1 і θ'_2 на ε'_1 і ε'_2 , буде отриманий сигнал виду:

$$R_{\Delta\varepsilon} = U_1 U_2 \mu (\varepsilon'_1 - \varepsilon'_2) \frac{1}{2} \sin[\Phi_1(t) - \Phi_2(t)], \quad (15)$$

а кутовий розмір цілі $\Delta\varepsilon = \varepsilon'_1 - \varepsilon'_2$ дає можливість виміру лінійного розміру цілі у вертикальній площині:

$$H_{\text{ц}} = r_{\text{ц}} \sin(\Delta\varepsilon) \underset{\text{при } \Delta\varepsilon \rightarrow 0}{=} r_{\text{ц}} \cdot \Delta\varepsilon. \quad (16)$$

Відношення отриманих лінійного розміру цілі у вертикальній (16) до її лінійного розміру в горизонтальній площині (14) дає можливість уточнювати тип цілі через їх кутові розміри:

$$\gamma = \frac{H_{\text{ц}}}{L_{\text{ц}}} = \frac{r_{\text{ц}} \cdot \Delta\varepsilon}{r_{\text{ц}} \cdot \Delta\beta} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\beta}. \quad (17)$$

Вирішення відношення (17) як будь-якої монотонної функції може бути виконане з використанням логарифмічної обробки сигналів і схемою віднімання:

$$\lg \gamma = \lg \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\beta} = \lg \Delta\varepsilon - \lg \Delta\beta. \quad (17)$$

Якщо провести детектування отриманих сигнали (13) і (15) то можна виділити їх амплітуди:

$$U_{\Delta\beta} = U_1 U_2 \mu (\beta'_1 - \beta'_2) = U_1 U_2 \mu \Delta\beta, \quad (18)$$

$$U_{\Delta\varepsilon} = U_1 U_2 \mu (\varepsilon'_1 - \varepsilon'_2) = U_1 U_2 \mu \Delta\varepsilon. \quad (19)$$

Аналізуючи отримані результати слід зазначити, що відношення сигналу (18) до сигналу (19) дозволяє отримати відношення кутових розмірів цілі та позбавитись змін амплітуд прийнятих сигналів “блискучих точок”:

$$\gamma = \frac{U_{\Delta\varepsilon}}{U_{\Delta\beta}} = \frac{U_1 U_2 \mu \Delta\varepsilon}{U_1 U_2 \mu \Delta\beta} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\beta}. \quad (20)$$

Тому для вирішення умови (17) потрібно сигнали (18) та (19) провести через логарифмічні підсилювачі (ЛГП), а потім виконати операцію віднімання (17) над логарифмованими сигналами.

Схема, що дозволяє вирішити поставлену задачу представлена на рис. 3.

Операцію кореляційної обробки сигналів (13) і (15) пропонується провести

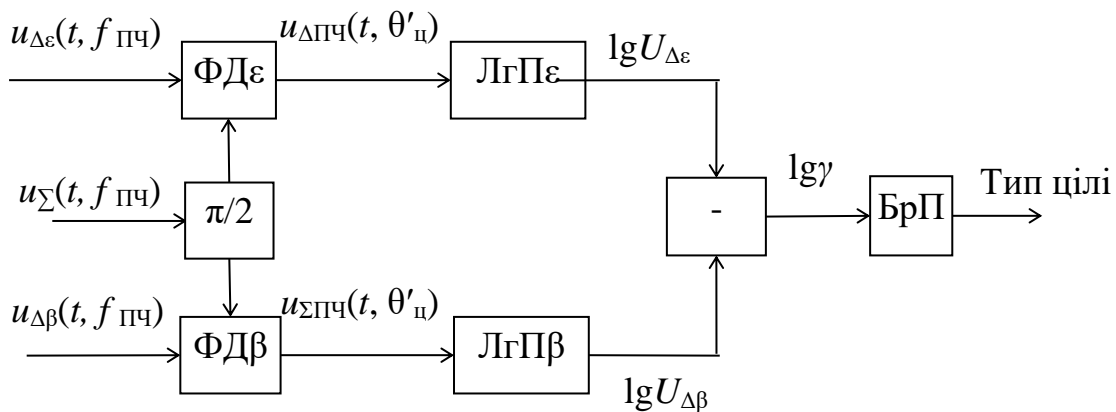


Рисунок 3 – Структурна схема визначення типу цілі

з використанням фазових детекторів ФД_ε і ФД_β.

Для уточнення типу цілі через відношення її лінійних розмірів вихідний сигнал схеми віднімання потрібно провести через багаторівневий пороговий пристрій (БрП).

Висновки:

1. На теперішній час в сучасних РЛС супроводження з амплітудним миттєвим порівнянням сигналів для розпізнавання типів цілей використовуються наступні признаки: спектральні відмінності, енергетичні відмінності, швидкісні відмінності та інші. Але не завжди вони дають істинну

інформацію про тип повітряної цілі, оскільки комплексне застосування даних ознак не завжди реалізується.

2. В роботі пропонується додати до признаков класифікації типу цілі співвідношення їх геометричних розмірів, що дасть можливість з більшою імовірністю вирішувати дане завдання за рахунок позбавлення змін амплітуд прийнятих сигналів від цілей.

3. Отримані співвідношення вирішення даної задачі в РЛС супроводження побудованих на основі амплітудних моноімпульсних пеленгаторів дозволили запропонувати структурну схему визначення типу цілі.

4. Дане завдання є актуальним в першу чергу для РЛС супроводження X-діапазону хвиль, що можуть застосовуватися як станції наведення ракет. Це дозволить відповідному персоналу правильно приймати рішення, щодо кількості боєприпасів для обстрілу конкретного типу цілей.

2.6 Методологічні засади інтелектуального управління системою національної безпеки в умовах асиметричного конфлікту

Вступ

Як слідує з результатів моделювання, характер застосування державами ресурсів у конкурентній боротьбі за контроль над ключовими точками (регіонами) буде комплексним (гібридним). Це важлива, але не єдина характеристика воєнних конфліктів. Воєнні конфлікти мають інші риси, наприклад, характер цілей, склад діючих суб'єктів, акценти в застосуванні ресурсів тощо [82-90].

Зміни у світовій економіці, фінансах, засобах комунікацій визначальним чином відображаються на природі воєнно-політичних відносин та, відповідно, сучасних воєнних конфліктів. Останнім часом багато дослідників констатували, що сучасні воєнні конфлікти набули якихось нових властивостей у порівнянні з минулими конфліктами, в яких ставка робилась на силове домінування. Акцент на певних характерних рисах конфліктів призвів до появи нових термінів, таких як “проксі-війна” [83], “гібридна війна”[84], “мережева війна”[85]. Безумовно, дослідження такого складного явища, як воєнний конфлікт, є можливим з точки зору багатьох аспектів.

За усіх часів головною рушійною силою воєнно-політичних відносин були базові довгострокові цілі воєнно-політичних сил, які знаходилися і сьогодні продовжують знаходитись переважно в економічній площині. Досягнення цих цілей здійснюється через геополітичне домінування, тобто через підпорядкування політики більш слабких держав шляхом певних компромісів або за допомогою воєнної сили.

Класичні війни. До винаходження ядерної зброї воєнні конфлікти відбувалися між державами (коаліціями держав) з рішучими політичними цілями за допомогою великих військових формувань (армій). Політичні цілі війни формулювалися державою, зокрема правлячою елітою, яка уособлювала

державу. В класичній війні держава здійснювала дії в усіх сферах, хоча головний акцент робився на військових діях.

Проксі-війни. Термін “проксі” означає замітник. Згідно цієї концепції, впливові світові держави (держави-домінанти) протистоять не прямо, а через проектування воєнних конфліктів між сателітами. В якості сателітів може виступати й політично підпорядковані держави, й різномірні внутрішні збройні формування, тобто сили, які мають політичні цілі і засоби збройного насильства. У проксі-війні саме сателіти здійснюють воєнні дії і застосовують звичайні, неядерні засоби збройного насильства. Держави-домінанти можуть брати участь у воєнному конфлікті, але обмежену, забезпечуючи сателітам економічну допомогу, поставки зброї, інформації, навчання тощо. Зазначимо, що такий тип воєнного конфлікту вимагає від держави-домінанта значних економічних і фінансових витрат, оскільки сателітами виступають як правило слабкі, нерозвинуті держави, яким важко вести війну.

Переваги проксі-війн для держав-домінантів є очевидними. Це знижений ризик ядерної війни і відвідних ударів, відсутність безпосередніх втрат серед свого населення, інфраструктури та інші. У разі програшу держава-домінант, безумовно, несе збитки, але не критичні для свого існування.

Гібридні війни. На певному етапі розвиток технологій і засобів збройної боротьби припинив надавати провідним державам можливість домінування в озброєннях. Природно, що за таких умов воєнні дії почали відсуватись на другій план, а воєнні конфлікти почали називати гібридними війнами.

В гібридних війнах держава, зокрема її правляча еліта, продовжили формулювати цілі воєнних конфліктів, але у воєнних діях стали переважати спеціальні операції, тобто дії з обмеженими локальними цілями. Головна роль у “поразці” противника була покладена на інші інструменти. Зазнали змін й політичні цілі війни. Якщо раніше “класичною” ціллю була анексія, захоплення територій або зміна уряду, то сьогодні ціллю стало примушення противника до підпорядкування або постановка під контроль його правлячої еліти.

Термін “гібридна війна” робить наголос на поєднанні широкого спектру воєнних та невоєнних інструментів. За великим рахунком, усі воєнні конфлікти є гібридними, оскільки протиборство здійснюється застосуванням усього спектру наявних інструментів.

Мережеві війни. Застосування інструментарію мережевих війн націлене на населення противника, насамперед на його дезорієнтацію і зміну світосприйняття – населення не змушують до підпорядкування, а воно само підпорядковується. Перевага надається інформаційним інструментам, зокрема інформаційно-психологічним. Винахідники нової війни виділили два її типи.

Перший тип (не насильницький) – це боротьба за права людини з метою переходу від авторитаризму до демократії, відкритого суспільства, середовище якого найбільш придатне для зовнішнього впливу.

Другий тип (насильницький) – боротьба кримінальних, терористичних, етнічних, націоналістичних формувань проти контролю з боку держави, тобто підрив державної влади як такої. У мережевій війні державою-агресором залучаються переважно внутрішні суб’єкти (партії, недержавні організації, кримінальні угруповання тощо), але не відкидаються і зовнішні (держави-сателіти, міжнародні терористичні організації).

Приватизована війна. Як й і у проксі-війні, впливові держави намагаються не вступати у безпосереднє протиборство, а використовувати інші підпорядковані сили (сателіти, замітники або прокладки). Як у мережевій війні, розмивається суб’єкт впливу на противника, використовуються внутрішні суб’єкти. Але сьогодні все ж можна виділити кілька нових моментів:

через світову фінансово-економічну кризу фінансування підпорядкованих сателітів в значних обсягах стало проблематичним;

поширилася практика застосування тероризму як головного інструменту досягнення воєнно-політичних цілей (при цьому здійснюються не окремі терористичні акти, а цілі терористичні кампанії і створюються терористичні держави як стійкі соціально-політичні утворення з ідеологією держави);

майже повністю заблоковано міжнародні інститути, які призначені для стримування агресії і вирішення конфліктів, їх перетворено на один з політико-дипломатичних інструментів;

у провідних світових державах поширилася практика формування політичної еліти держави за рахунок делегування представників великих корпорацій (економічна могутність багатьох з них може перевищувати могутність держави з населенням кілька десятків мільйонів чоловік), що призводить до витіснення національних інтересів транскордонними інтересами великого бізнесу (при цьому бізнес-групи часто залишаються невидимими для покарання);

поширилася практика залучення до участі у воєнних конфліктах суб'єктів, які важко ототожнити з державою – приватних військових компаній, незаконних збройних формувань, які керуються приховано і зовсім не обмежуються у власних діях міжнародним гуманітарним правом.

Характер війни сьогодні змінюється у напрямі приватизованих війн, які поєднують елементи усіх інших типів війн. Сучасні війни в комплексі використовують усі інструменти: політичні, економічні, інформаційні, воєнні тощо. Воєнні інструменти відходять на другій план, але не виключаються з протиборства (гібридні війни). Сучасні війни ведуться через підпорядкованих сателітів (проксі-війни) з акцентом на дезорієнтацію населення противника за рахунок множини узгоджених впливів різної природи (мережеві війни). “Приватизація війни” змінила характер суб'єкта-агресора і певним чином зміст воєнно-політичних відносин (дій). Головні зміни торкнулися витіснення держави як суб'єкта війни і заміна її інтересів інтересами великого транснаціонального бізнесу. В якості одного з головних суб'єктів впливу стали активніше використовуватись внутрішні і міжнародні терористичні формування, рівень організації, сила і стійкість яких значно підвищилися.

Враховуючи обмеженість та спрямованість нашого дослідження, автори зупиняться лише на розгляді окремої складової сучасних війн, а саме гібридних війн.

Гібридна війна є наслідком змін форм та способів збройної агресії по причині зміни принципів геополітичного устрою, розвитком наукової думки ведення збройної боротьби [91-96].

Зміни форм і способів збройної боротьби досить наглядно висвітлено з застосуванням гібридних дій в Україні, які поділялися на наступні етапи:

прихований початок війни (1 етап) в ході якої сформована опозиція діючій владі, проведена інформаційно-психологічна операція в результаті чого було здійснено перегляд цінностей військовослужбовців Збройних Сил України, які як наслідок зрадили присязі, решта військовослужбовців були деморалізовані;

ескалація (2 етап) - політичних і військових лідерів у регіонах проінформовано про конфлікт, що розвивається. РФ чинила та чинить політичний, дипломатичний чи економічний тиск на режим чи неполітичні суб'єкти;

початок конфлікту, а саме третій етап почався з більш ворожих дій сил-опонентів – демонстрацій, протестів, диверсій, саботажів, вбивств, втручання воєнізованих угруповань тощо. На цій стадії РФ почала стратегічний запуск її сил у регіони конфлікту у разі наявності стратегічного інтересу або інтересу національної безпеки;

початок військових операцій (4 етап), яким акомпанувала сильна дипломатична та економічна підтримка, разом із постійним потоком інформації, який має на меті змінити публічну думку у бік російської інтервенції.

За таких умов виникла потреба у зміні підходів до стратегічного управління системою національної безпеки. Це в свою чергу потребує використанням сучасного та апробованого математичного апарату, що здатний за короткий проміжок часу провести обробку великого масиву різнотипних даних з заданою достовірністю прийняття управлінських рішень [97-111].

Існуючі підходи з ідентифікації гібридних викликів та загроз національній безпеці держави є вузькоспрямованими та направленними на дослідження лише окремих питань і не дозволяють [97–111]:

комплексно та за короткий час ідентифікувати та оцінити гібридні виклики та загрози національній безпеці;

проводити обробку різнотипних даних з різними одиницями виміру, різних за походженнями та джерелами добування інформації;

виявити нові та не типові гібридні виклики та загрози національній безпеці, а також провести оцінку ступеню їх деструктивного впливу.

Все це потребує перегляду підходів до ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави із застосуванням гібридних дій та пошуку нових підходів до-управління системою національної безпеки.

Враховуючи зазначене, *метою даного дослідження* є розробка методологічних засад інтелектуального управління системою національної безпеки в умовах асиметричного конфлікту.

Структурно та логічно зазначене дослідження складається з наступних частин:

методики ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави на основі штучної імунної системи;

методики комплексного аналізу та багатовимірного прогнозування стану системи національної безпеки;

методики пошуку рішень на основі алгоритму зозулі;

синтезу інтелектуальної системи управління національною безпекою;

архітектури інформаційної системи з застосуванням запропонованої методології.

Виклад основного матеріалу дослідження

2.6.1 Методика ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави на основі штучної імунної системи

Методи штучного інтелекту активно застосовується в багатьох сферах людської діяльності. Системи управління національною безпекою держави не стали цьому виключенням. Разом з тим, враховуючи велику кількість викликів та загроз національній безпеці держави, постійний та стрімкий розвиток інформаційних технологій виникають проблемні питання, що пов'язані з

ідентифікацією деструктивного впливу на систему національної безпеки держави, якими є гібридні виклики та загрози [112–121].

Використання систем штучного інтелекту в інтересах забезпечення національної безпеки держави дозволить особам, які їх приймають рішення, підвищити оперативність та достовірність. Виявити та ідентифікувати деструктивний вплив в умовах гібридних викликів та загроз національній безпеці держави є досить складним питаннями. В зазначеному дослідженні під навмисним деструктивним впливом на систему національної безпеки будемо розуміти:

інформаційні повідомлення, направлені на дискредитацію керівництва держави;

кібернетичні атаки, спрямовані на відмову від обслуговування;

заходи не прямого деструктивного впливу на систему національної безпеки;

кібернетична розвідка, спрямована на збір інформації про керівництво держави та сектору безпеки і оборони.

Застосування методів штучного інтелекту в готовому вигляді для виявлення та ідентифікації деструктивного впливу на систему управління національною безпекою не є ефективним. Це не дозволяє виявити нові виклики та загрози національній безпеці держави, провести їх ідентифікацію і, як наслідок, оперативно прийняти рішення відповідними особами що їх приймають.

Для ідентифікації викликів і загроз національній безпеці гібридного впливу пропонується провести розробку методики ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави на основі штучної імунної системи.

Дія 1. Введення вихідних даних про систему національної безпеки.

Дія 2. Ініціалізації математичної моделі виявлення та ідентифікації гібридних викликів і загроз національній безпеці, яка описується:

$$AISEA = \langle D_\tau, D_M, S_A, S_N, G, R, \Psi \rangle, \quad (1)$$

де $D_\tau \subset D$ – сукупність детекторів для ідентифікації гібридних викликів та загроз національній безпеці;

D_M – набір детекторів пам'яті, в які здійснюється запис гібридних викликів та загроз національній безпеці;

$S_A \subset S$ – навчальна вибірка, що складається з набору відомих викликів і загроз національній безпеці держави;

$S_N \subset S$ – тестова множина, що складається з сукупності нормальних параметрів функціонування системи національної безпеки держави;

$D = D_\tau \cup D_M$ – набір детекторів, які використовуються для виявлення та ідентифікації викликів і загроз гібридного характеру національній безпеці держави;

$G = \{G_1, \dots, G_K\}$ – стратегії оптимізації детекторів виявлення та ідентифікації загроз національній безпеці;

$R: D \times 2^{S_A} \times 2^{S_N} \times G \rightarrow D$ – правила навчання детекторів виявлення та ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави;

S – набір можливих вхідних подій, $\Psi: D \times S \rightarrow \square_+$ – функція обчислення правила відповідності між детектором $d \in D$ та тестовим показником $s \in S$, де $\square_+ = \square \cap [0, +\infty)$.

Кожен детектор для виявлення та ідентифікації гібридних викликів і загроз національній безпеці держави із множини $d \in D$ описується як кортеж наступного виду:

$$d = \langle representation, threshold, life_time, state \rangle, \quad (2)$$

де $representation \in \{BitString, RealVector, NeuralNetwork, PetrNet, \dots\}$ – внутрішня структура детектора d для виявлення та ідентифікації гібридних викликів і загроз національній безпеці держави;

$threshold \in \square_+$ – поріг активації детектора d для виявлення та ідентифікації гібридних викликів і загроз національній безпеці держави;

$life_time \in \square_+$ – термін дії детектора d для виявлення та ідентифікації гібридних викликів і загроз національній безпеці держави;

$state \in \{immature, semimature, mature, memory\}$ – поточний стан детектора.

Дія 3. Визначення корегувального коефіцієнту на ступінь інформованості про сили та засоби деструктивного впливу на систему національної безпеки держави. Ступінь інформованості може бути: повна невизначеність, часткова невизначеність, повна обізнаність.

Дія 4. Вибір внутрішньої структури кожного детектора $d \in D$: representation . Розрахунок для кожного детектора $d \in D$ значення його активації $a_d = \Psi(d, s) - threshold$, тобто переходу з неактивного стану в активний. Вважається, що якщо $a_d \geq 0$, то детектор d є активованим, інакше відповідний детектор не реагує на вхідні дані.

Дія 5. Формування навчального набору даних S_A , що містить заздалегідь відібрані гібридні виклики і загрози національній безпеці держави.

Дія 6. Формування тестового набору даних S_N , що містить заздалегідь відібрані гібридні виклики і загрози національній безпеці держави, які вдалося ідентифікувати та є в пам'яті детектора.

Дія 7. Вибір стратегії генетичної оптимізації імунних детекторів.

Дія 8. Навчання R імунних детекторів D .

Дія 9. Вибір правила відповідності Ψ між імунним детектором та вхідним об'єктом.

Кінець алгоритму.

2.6.2 Розробка методики комплексного аналізу та багатовимірного прогнозування стану системи національної безпеки

Методика комплексного аналізу та багатовимірного прогнозування стану системи національної безпеки складається з такої послідовності дій (рис. 1).

1. Введення вихідних даних (дія 1 на рис. 1). На даному етапі вводяться наявні вихідні дані про систему національної безпеки, що підлягає аналізу. Також відбувається ініціалізація базової моделі стану системи національної безпеки.

2. Оброблення вихідних даних з урахуванням невизначеності

(дія 2 на рис. 1).

На даному етапі відбувається врахування типу невизначеності про стан системи національної безпеки та проводиться ініціалізація базової моделі стану системи [121-131]. При цьому ступінь невизначеності може бути: повна інформованість; часткова невизначеність та повна невизначеність.

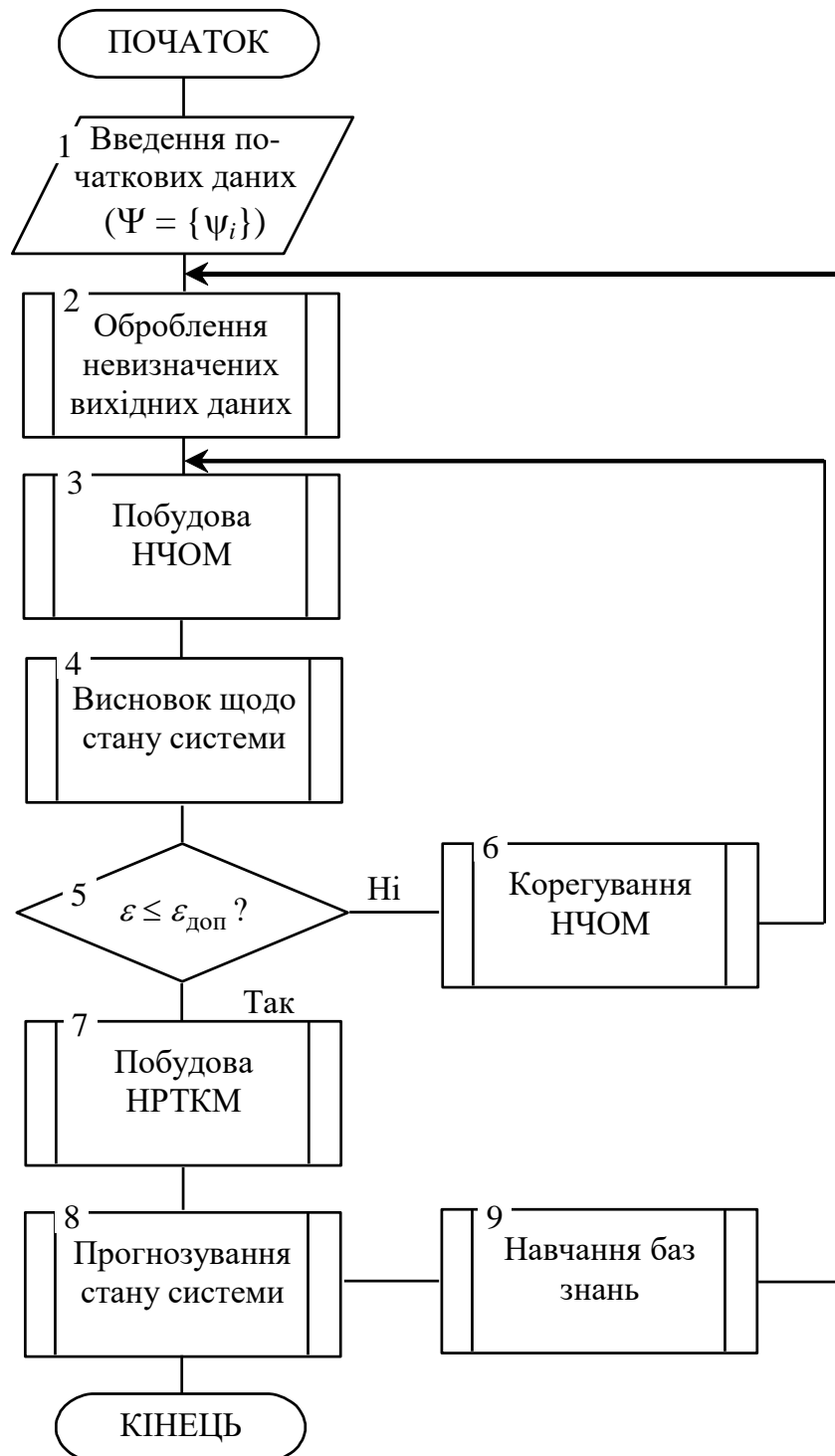


Рис. 1. Алгоритм реалізації методики аналізу стану системи управління системою національної безпеки

3. Побудова нечіткої темпоральної онтологічної моделі стану системи національної безпеки (дія 3 на рис. 1).

При поданні слабоструктурованих інформаційних ресурсів про стан складних систем використовуються методи нечіткого онтологічного моделювання з можливістю відображення динаміки зміни атрибутів [132–135]. Водночас застосовувані методи не враховують можливості завдання та фіксації взаємовпливу атрибутів між собою з різними часовими лагами (інтервалами затримки).

Для представлення, комплексного аналізу та відображення динаміки зміни стану системи національної безпеки пропонується процедура побудови нечіткої темпоральної онтологічної моделі.

Особливістю запропонованої процедури є те, що атрибути, що відповідають параметрам її векторного простору, а також показникам стану, характеризуються часовими рядами відповідних чітких/нечітких значень, отриманих вимірювань/оцінок, і на основі їх багатовимірною прогнозування.

При цьому нечітка грануляція онтологічної моделі стану системи національної безпеки виконується на рівні нечітких значень часових рядів цих атрибутів. Крім того зазначена дія виконується на рівні нечітких значень бінарних відносин взаємовпливу між атрибутами цієї моделі з різними часовими лагами.

Атрибутами онтологічної моделі стану системи національної безпеки, які є носіями діагностичної інформації про стан системи національної безпеки, служать нормовані параметри матриць Гріна:

$$G = \begin{pmatrix} C_1 & C_4 & C_3 \\ C_1 & C_2 & C_5 \\ C_6 & C_2 & C_3 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де C_1, C_2, C_3 – параметри, що характеризують реакцію системи національної безпеки на впливи за трьома симетрично розташованими осями робочої ділянки векторного простору системи національної безпеки;

C_4, C_5, C_6 – параметри, що характеризують реакцію системи національної безпеки та ті ж самі впливи по осі ортогональної робочої ділянки системи національної безпеки.

У запропонованій нечіткій темпоральній онтологічній моделі передбачено подання динаміки зміни параметрів, що розглядаються, у вигляді значень компонентних часових рядів, що утворюють багатовимірний часовий ряд:

$$C = \{C_i | i=1, \dots, I\},$$

$$C_i = \{\tilde{c}_i(t) | t=1, \dots, T, \dots\}, i=1, \dots, I,$$

$$\forall t \in \{1, \dots, T, \dots\}$$

$$\tilde{C}(t) = \left\{ \begin{array}{l} \tilde{c}_1(t) = F_1(\phi_{1,1}(\tilde{c}_1(t-1), \dots, \tilde{c}_1(t-L_1^1)), \dots, \phi_{1,I}(\tilde{c}_I(t), \dots, \tilde{c}_I(t-L_1^I))), \\ \tilde{c}_i(t) = F_i(\phi_{i,1}(\tilde{c}_1(t-1), \dots, \tilde{c}_1(t-L_i^1)), \dots, \phi_{i,I}(\tilde{c}_I(t), \dots, \tilde{c}_I(t-L_i^I))), \\ \tilde{c}_I(t) = F_I(\phi_{I,1}(\tilde{c}_1(t-1), \dots, \tilde{c}_1(t-L_I^1)), \dots, \phi_{I,I}(\tilde{c}_I(t), \dots, \tilde{c}_I(t-L_I^I))), \end{array} \right\}, \quad (4)$$

де C – багатовимірний часовий ряд, що характеризує векторний простір стану системи національної безпеки;

C_i – компонентний (одномірний) часовий ряд багатовимірного часового ряду стану системи національної безпеки;

I – число врахованих компонентів багатовимірного часового ряду (аналізованих атрибутів онтологічної моделі стану системи національної безпеки);

$\tilde{C}(t) = \{\tilde{c}_1(t), \dots, \tilde{c}_I(t)\}$ – “часовий зріз” нечітких значень багатовимірного часового ряду в t -й момент часу;

$\tilde{c}_i(t)$ – нечітке значення C_i у момент часу t ; L_j^i – максимальний часовий лаг, що враховується (інтервал затримки) $\tilde{c}_j(t)$ щодо $\tilde{c}_i(t)$; ϕ_{ij} – оператор для врахування впливу $\{\tilde{c}_j(t-1), \dots, \tilde{c}_j(t-L_j^i)\}$ на $\tilde{c}_i(t)$; F_i – перетворення для обчислення $\tilde{c}_i(t)$.

4. Висновок щодо стану системи національної безпеки (дія 4 на рис. 1).

На підставі побудові нечітких темпоральних онтологічних виразів робиться висновок щодо стану системи національної безпеки.

Крім розглянутого вище подання та відображення динаміки стану системи національної безпеки з використанням процедури в дії 3 на рис. 1, потрібно вирішити наступні завдання:

– розробити модель та провести моделювання та прогнозування багатовимірного часового ряду, компоненти якого відповідають параметрам векторного простору стану системи національної безпеки;

– здійснити прогнозну оцінку стану на основі результатів прогнозування багатовимірного часового ряду, що відповідає багатовимірному векторному простору стану системи національної безпеки;

– виконувати моніторинг та адаптацію моделі прогнозування багатовимірного часового ряду з урахуванням змін фактичних даних у ході застосування стану системи національної безпеки.

5. Корегування НЧОМ (дії 5,6 на рис. 1).

Адаптація НЧОМ полягає в структурно-параметричному налаштуванні (часових лагів та значень нечітких відносин взаємовпливу концептів) з метою забезпечення необхідної точності моделювання та багатовимірного прогнозування параметрів векторного простору стану системи національної безпеки з урахуванням накопичуваних даних про їх при зміні зовнішніх факторів. В якості методу налаштування використовуються удосконалений алгоритм кошкої зграї. Перевагами еволюційного коригування параметрів НЧОМ є такі:

– незалежність від топології НЧОМ;

– можливість визначення, чи показує дана особина низьку пристосованість через невдало сформовану топологію або неправильно підібраних ваг;

– вибіркова оптимізація параметрів нещодавно змінених або доданих зв'язків в НЧОМ без зміни вже модифікованої на попередні ітераціях роботи алгоритму структури.

6. Побудова нечіткої реляційної темпоральної когнітивної моделі стану системи національної безпеки та прогнозування її стану (дії 7, 8 на рис. 1).

У даному дослідженні для багатовимірного прогнозування параметрів векторного простору стану системи національної безпеки пропонується вдосконалена нечітка реляційна темпоральна когнітивна модель що дозволяє типізувати налаштування операторів ϕ_{ij} та перетворень $F(i, j=1, \dots, I)$ за рахунок:

–по-перше, “персоніфікації” моделей системної динаміки (для кожної пари безпосередньо взаємодіючих концептів – параметрів векторного простору системи);

–по-друге, налаштування нечітких відносин впливу між концептами на основі алгоритмів навчання з використанням сформованих навчальних вибірок для компонентних рядів часових багатовимірного часового ряду;

–по-третє, обчислення залежностей між нечітко заданими параметрами у векторно-матричному вигляді.

Запропонований різновид нечіткої реляційної темпоральної когнітивної моделі (НРТКМ) представляється в наступному вигляді:

$$\begin{aligned}
 FRTCM &= \langle C, R \rangle, \\
 C &= \{C_i \mid i = 1, \dots, I\}, \\
 R &= \{R_i \mid i = 1, \dots, I\}, \\
 R_i &= \{\tilde{r}_{ij}(t-l) \mid l = 0, \dots, L_j, j = 1, \dots, J^i\}, \\
 c_i : \tilde{c}_i(t) &= \tilde{F}_i \left(\begin{array}{l} \{\tilde{c}_i(t-k), \tilde{r}_{ii}(t-k) \mid k = 1, \dots, L_i^i\}, \\ \{\tilde{c}_j(t-l), \tilde{r}_{ij}(t-l) \mid j = 1, \dots, J^i, l = 1, \dots, L_j^i\} \end{array} \right), i = 1, \dots, I. \quad (5)
 \end{aligned}$$

де C – множина концептів НРТКМ; I – число концептів НРТКМ; R – множина нечітких відносин впливу концептів один на одного;

R_i – підмножина нечітких бінарних відносин впливу концептів, що безпосередньо впливають на концепт c_i ; J^i – число концептів, безпосередньо впливають на концепт c_i ;

$\tilde{r}_{ij}(t-k)$ – нечітке відношення впливу концепту c_i на себе у момент часу $(t-k)$; L_i^i – максимальне значення часового значення лага (інтервалу затримки) при впливі концепту c_i на себе; $\tilde{r}_{ij}(t-l)$ – нечітке відношення впливу концепту c_j на концепт c_i у момент часу $(t-l)$;

L_j^i – максимальне значення часового лага (інтервалу затримки), що враховується при впливі концепту c_j на концепт c_i ; $\tilde{c}_i(t), \tilde{c}_i(t-k), \tilde{c}_j(t-l)$ – нечіткі значення концептів c_i і c_j у відповідні моменти часу.

При багатовимірному прогнозуванні параметрів векторного простору стану системи національної безпеки кращим є використання нечітких композиційних правил передачі впливу між концептами НРТКМ, відповідно до яких моделі системної динаміки набудуть наступного вигляду:

$$\begin{aligned}\tilde{c}_i(t) &= \bigoplus_{j=1}^{J^i} \left(\bigoplus_{l=1}^{L_j^i} (\tilde{c}_j(t-l) \circ \tilde{r}_{ij}(t-l)) \right), \\ \tilde{c}_i(t) &= \left(\bigoplus_{k=1}^{L_j^i} (\tilde{c}_i(t-k) \circ \tilde{r}_{ij}(t-k)) \right) \oplus \left(\bigoplus_{j=1}^{J^i} \left(\bigoplus_{l=1}^{L_j^i} (\tilde{c}_j(t-l) \circ \tilde{r}_{ij}(t-l)) \right) \right), \quad (6) \\ \tilde{c}_i(t) &= \left(\bigoplus_{k=1}^{L_j^i} (\Delta \tilde{c}_i(t-k) \circ \tilde{r}_{ij}(t-k)) \right) \oplus \left(\bigoplus_{j=1}^{J^i} \left(\bigoplus_{l=1}^{L_j^i} (\Delta \tilde{c}_j(t-l) \circ \tilde{r}_{ij}(t-l)) \right) \right),\end{aligned}$$

де $\Delta \tilde{c}_i(t-k)$ – нечітке збільшення значення концепту C_i у момент часу $(t-k)$; $\Delta \tilde{c}_j(t-l)$ – нечітке збільшення значення концепту C_j у момент часу $(t-l)$; \circ – операція нечіткої композиції; $\bigoplus_{k=1}^{L_j^i}$ – операція нечіткого агрегування окремих впливів концепту c_i на самого себе в діапазоні, часового лага, які враховуються $(k=1, \dots, L_j^i)$; $\bigoplus_{l=1}^{L_j^i}$ – операція нечіткого агрегування окремих впливів концепту c_j на концепт c_i в діапазоні часового лага, який враховується $(l=1, \dots, L_j^i)$; $\bigoplus_{j=1}^{J^i}$ – операція нечіткого агрегування окремих впливів концептів c_j ($j=1, \dots, J^i$), безпосередньо впливають на концепт c_i ; \oplus – операція нечіткого агрегування сукупних впливів.

Для визначення діапазонів часових лагів L_i^i та L_j^j при взаємовпливі концептів, при впливі нечітких відносин взаємовпливу $\tilde{r}_{ii}(t-k)$, $\tilde{r}_{ij}(t-l)$ з підмножин R_i ($i=1, \dots, I$) є значущим, а також для налаштування цих відносин використовуються статистичні (експертні) методи. Так, за наявності навчальних вибірок у компонентів багатовимірного часового ряду для визначення нечітких відносин взаємовпливу застосуємо метод нечіткої множинної лінійної регресії:

$$\tilde{c}_i(t) = \sum_{j=1}^{J^i} \sum_l^{L_j^j} (\tilde{a}_{ij}(t-l)\tilde{c}_j(t-l) + \tilde{b}_{ij}(t-l)), i=1, \dots, I. \quad (7)$$

де $\tilde{a}_{ij}(t-l)$ – нечіткі регресійні коефіцієнти; $\tilde{b}_{ij}(t-l)$ – нечіткі вільні члени (як правило, рівні 0).

Отримані значення нечітких регресійних коефіцієнтів $\tilde{a}_{ij}(t-l)$ нормуються $\tilde{a}_{ij}^{\wedge}(t-l)$ у діапазоні [81, 82]. І таким чином, на їх основі задаються підмножини $R_i = \{ \tilde{r}_{ij}(t-l) = \tilde{a}_{ij}^{\wedge}(t-l) | l=0, \dots, L_j^j, j=1, \dots, J^i \}$ нечітких відносин взаємовпливу концептів НРТКМ. Потім виключаються ті відносини, модальні значення яких менші за заданий поріг (наприклад, менше 0,1).

Результати моделювання та багатовимірного прогнозування параметрів векторного простору стану системи національної безпеки з використанням НРТКМ є підставою для прогнозної оцінки стану системи національної безпеки.

9. Навчання баз знань (дія 9 на рис.1).

В зазначеному дослідженні для навчання баз знань використовується розроблений у дослідженні [83] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Кінець алгоритму.

2.6.3 Удосконалена методика пошуку рішень на основі алгоритму зозулі

2.6.3.1 Опис базового алгоритму зозулі

В якості базового алгоритму зозулі розглянуто отриманий в роботі [104] алгоритм зозулі.

У загальній постановці розглядаємо детерміноване безперервне завдання глобальної умовної мінімізації:

$$\min_{X \in D \subseteq R^{|X|}} f(X) = f(X^*) = f^*, \quad (8)$$

де $f(X)$ – скалярна цільова функція (критерій оптимальності);

$f(X^*)=f^*$ – мінімальне значення цільової функції;

$X=(x_1, x_2, \dots, x_{|X|})$ – $|X|$ -мірний вектор параметрів, що змінюються, яке необхідно знайти;

D – множина допустимих значень цього вектору;

$R^{|X|}$ – $|X|$ -мірний арифметичний простір.

Алгоритм зозулі орієнтований для вирішення завдання безумовної оптимізації, коли $D=R^{|X|}$. Кожне яйце в гнізді є рішенням, а яйце зозулі представляє собою нове рішення. Мета полягає у використанні нового і потенційно кращого рішення (імітація поведінки зозулі), щоб замінити не? неприйнятні рішення в гніздах. У найпростішій формі у кожному гнізді знаходиться по одному яйці. Алгоритм може бути розширений на більш складний випадок, коли в кожному з гнізд знаходиться кілька яєць, що представляють деяку сукупність потенційних рішень.

Алгоритм зозулі ґрунтується на трьох наступних правилах:

1. Кожна зозуля відкладає одне яйце за один раз і підкладає його в гніздо, яке вибирається випадковим чином.
2. Найкращі гнізда з яйцями високої якості переходять у наступне покоління.
3. Число доступних гнізд фіксоване і яйце зозулі може бути виявлено господарем із ймовірністю $p_a \in (0,1)$. Виявлення впливає на деякий набір найгірших гнізд, і виявлені рішення виключаються з подальших обчислень, а замість випадково створюється відповідне число нових рішень.

Схема канонічного алгоритму зозулі має такий вигляд:

1. Ініціалізація популяції $S(=s_i, i \in [1:|S|])$ з $|S|$ гнізд, які належать господарю гнізда, тобто визначається початкові значення компонентів векторів $X_i, i \in [1:|S|]$.
2. Виконуються випадкові переміщення зозулі у просторі пошуку за допомогою польотів Леві (Lévy Flights) [114] і знаходимо її нове положення X' .

3. Випадковим чином обирається гніздо $s_i, i \in [1:|S|]$ і якщо $f(x') < f(x_i)$, то замінюємо яйце в цьому гнізді на яйце зозулі, тобто $X'_i = X'$.

4. З ймовірністю p_a видаляємо з популяції кілька випадково вибраних гнізд і за правилами кроку 1 будуємо таку ж кількість нових гнізд.

5. Якщо умова закінчення ітерації не виконана, переходимо до кроку 2.

При створенні нового рішення X' польоти Леві здійснюємо по формулі:

$$X' = X + A \otimes L_{|X|}(\lambda), \quad (9)$$

де $L_{|X|}(\lambda)$ – $|X|$ -мірний вектор незалежних дійсних випадкових чисел, розподілених за законом Леві:

$$\xi(x) = x^{-\lambda}, \lambda \in (1; 3), \quad (10)$$

де \otimes – символ покомпонентного добутку векторів;

$A = (a_1, a_2, \dots, a_{|X|})$ – вектор розміру кроків; $a_j > 0, j \in [1:|X|]$.

Як правило всі компоненти останнього вектору вважають однаковими та рівними a , де величина a має бути пов'язана з масштабами ділянки пошуку.

Більшість популяційних алгоритмів глобальної оптимізації використовують міграційний оператор виду (9), але рівномірний чи нормальний розподіл величини кроку.

Польоти Леві є одним із варіантів випадкових блукань, коли для визначення випадкової довжини кроку використовується розподіл Леві (10), що має довгий, повільно спадаючий “хвіст”. Різні дослідження показують, що багато птахів і комах у процесі польоту демонструють типові характеристики польотів Леві. Поведінка людини, наприклад, мисливця-збирача, також показує риси польотів Леві. Одним із найефективніших алгоритмів чисельної генерації псевдовипадкових чисел, розподілених за законом Леві, є алгоритм Мантенья (*Mantegna*) [89].

В канонічному алгоритмі зозулі при ініціалізації встановлюють фіксовані значення параметрів p_a та a , що не змінюються зі зростанням числа поколінь. Однак, якщо значення p_a мале, а значення a велике, то може бути повільна збіжність алгоритму. Навпаки, якщо значення p_a велике, а значення a мале, то

швидкість збіжності алгоритму, як правило, висока, але низька можливість локалізації глобального мінімуму цільової функції (алгоритм може “застрягти” в локальному мінімумі).

2.6.3.2 Алгоритм реалізації удосконаленої методики пошуку рішень на основі алгоритму зозулі

Методика пошуку рішень на основі удосконаленого алгоритму зозулі складається з такої послідовності дій (рис. 2).

1. Введення вихідних даних. На даному етапі вводяться вихідні дані, про стан системи національної безпеки, що підлягає аналізу, відбувається ініціалізація популяції $S=(s_i, i \in [1:|S|])$ з $|S|$ гнізд, які належать господарю гнізда, тобто визначається початкові значення компонентів векторів $X_i, i \in [1:|S|]$.

2. Оброблення вихідних даних з урахуванням невизначеності (додаткова процедура).

На даному етапі відбувається врахування типу невизначеності про стан системи національної безпеки та проводиться ініціалізація базової моделі стану системи національної безпеки [83, 100, 102]. При цьому ступінь невизначеності може бути: повна інформованість; часткова невизначеність та повна невизначеність. Це передбачає різну можливість виявлення “хороших” і “поганих” гнізд.

Якщо рішення в гнізді “хороше”, то ймовірність руйнування цього гнізда має бути низькою. Навпаки, можливість руйнування гнізд з “поганими” рішеннями слід підвищувати. Для реалізації зазначеної ідеї на ітерації n здійснюється сортування гнізд по зростанню відповідних значень цільової функції (зменшення якості рішень) та присвоюємо їм номери від 1 до $|S|$. Ймовірності виявлення гнізда з номером i надаємо значення $p_a(i) = p_a^{best}, p_a^{worst}$ – вільні параметри модифікації.

3. *Врахування типу зашумленості даних про стан системи національної безпеки (додаткова процедура).*

На даному етапі відбувається врахування типу зашумленості даних про стан системи національної безпеки. При цьому ступінь замуленості може бути: повна; часткова та повна замуленість. Кориговальні коефіцієнти наведені в роботі [83].

4. *Коригування моделі стану системи національної безпеки (додаткова процедура).*

Коригування значень вільних параметрів p_a та a в процесі ітерації за формулами:

$$p_a(t) = p_a^{\max} - \frac{t}{\hat{t}}(p_a^{\max} - p_a^{\min}), \quad (11)$$

$$\alpha(t) = a^{\max} \exp(c^t), \quad (12)$$

де t – номер покоління, $p_a^{\min}, p_a^{\max}, a^{\min}, a^{\max}$ – задані постійні значення, \hat{t} – максимально допустима кількість поколінь:

$$c = \frac{1}{\hat{t}} \ln \left(\frac{a^{\min}}{a^{\max}} \right). \quad (13)$$

Ймовірність p_a видалення з популяції найгірших гнізд зі зростанням номера покоління спадає від величини p_a^{\max} до величини p_a^{\min} , а довжина кроку α експоненційно убуває від a^{\max} до a^{\min} .

5. *Зменшення ймовірності виявлення гнізд та зменшення довжини кроку (оптимізована процедура канонічного алгоритму зозулі).*

$$\alpha = a^{\min} + (a^{\max} - a^{\min}) \eta^t, \quad (14)$$

де $\eta \in (0,1)$ – коефіцієнт згасання, який дозволить дослідити межі мінімуму і тим самим підвищити точність його локалізації.

Суть цієї процедури полягає в тому, що за формулою, аналогічній формулі (14), з ростом номеру покоління t зменшується ймовірність виявлення гнізд:

$$p_a = p_a^{\min} + (p_a^{\max} - p_a^{\min}) \zeta^t, \zeta \in (0;1). \quad (15)$$

6. Корекція довжини кроку пошуку маршруту (додаткова процедура)

$$\alpha = \beta_b \alpha, \beta_b \in (0;1); \quad (16)$$

в іншому випадку збільшується крок за формулою:

$$\alpha = \beta_g \alpha, \beta_g > 1. \quad (17)$$

7. Навчання баз знань.

З ймовірністю p_a видаляємо з популяції кілька випадково вибраних гнізд і за правилами кроку 1 будуюмо таку ж кількість нових гнізд з урахуванням даних в базах знань та методу навчання. В зазначеному дослідженні для навчання баз знань використовується розроблений у дослідженні [83] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Кінець роботи алгоритму.

Результати оперативності оцінювання стану системи національної безпеки наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати розв'язання задачі

№ ітерації	Метод гілок та границь	Генетичний алгоритм	Гармонійний пошук	Удосконалений алгоритм зозулі
N	T, c	T, c	T, c	T, c
5	1,125	1,125	1,125	1,114
10	0,625	0,625	0,625	0,600
15	48,97	58,20	58,28	57,71
20	106,72	44,29	43,75	46,95
30	-0,1790	-0,0018	-0,0002	-0,0001
40	-0,158	-0,070	-0,069	-0,049
50	97,76	-974,30	-3,72	-334,11
100	-133,28	-195,71	-196,24	-193,04
200	7980,89	7207,49	7198,43	7036,48

Як видно з табл. 1, виграш зазначеної методики пошуку рішень складає від 11 до 15 % по критерію оперативності обробки даних.

Перевага зазначеної методики в порівнянні з відомими полягає в зменшенні обчислювальної складності, що в свою чергу підвищує оперативність прийняття рішень відносно стану системи національної безпеки.

У табл. 2 представлені порівняльні результати оцінки оперативності навчання штучних нейронних мереж, що еволюціонують, що використовуються на 7 кроці роботи алгоритму зозулі.

Таблиця 2

Порівняльні результати оцінки оперативності навчання штучних нейронних мереж, що еволюціонують

Система	Параметри алгоритму	ХВ (Індекс Ксі-Бені)	Час, сек
FCM (Fuzzy C-Means)	–	0.2104	3.15
EFCM	Dthr=0.30	0.1218	0.175
EFCM	Dthr=0.23	0.1262	0.21
Запропонована система (пакетний режим)	delta=0.1	0.1	0.32
Запропонована система (online режим)	delta=0.1	0.098	0.2

Перед навчанням ознаки спостережень були нормалізовані на інтервалі [81, 82].

Дослідження показало, що зазначена процедура навчання забезпечує в середньому на 10–18 % більшу високу ефективність навчання штучних нейронних мереж та не накопичує помилок в ході навчання (табл. 2).

Зазначені результати видно з результатів в останніх строках табл. 2, як різниця індексу Ксі-Бені. Разом з тим, як вже було зазначено, в ході роботи відомі методи накопичують похибки, саме тому в запропонованій методиці запропоновано використання штучних нейронних мереж, що еволюціонують.

Результати проведеного оцінювання збігаються в окремих випадках з результатами досліджень [83-88, 104-107, 119]

За результатами порівняльної оцінки (табл. 1, 2) можна зробити висновок що сумарний виграш удосконаленої методики складає від 21 до 28 % по критерію оперативності прийняття рішення за рахунок використання додаткових та удосконалених процедур:

навчання баз знань;

зменшення ймовірності виявлення гнізд та зменшення довжини кроку (оптимізована процедура канонічного алгоритму зозулі);

оброблення вихідних даних з урахуванням невизначеності (додаткова процедура);

врахування типу зашумленості даних про стан системи (додаткова процедура);

коригування моделі стану системи (додаткова процедура);

корекція довжини кроку пошуку маршруту (додаткова процедура).

2.6.4 Синтез інтелектуальної системи стратегічного управління національною безпекою

Досягнення потрібного рівня національної безпеки обов'язково передуює створенню максимально ефективної системи, бо вони є "обмеженнями" для подальшого коректного вирішення задачі її оптимального параметричного синтезу. Оцінка рівня національної безпеки є просто її констатацією; для висновку щодо можливості протидіяти гібридним загрозам та викликам сьогодення необхідно, по-перше, провести порівняння наявного стану з потрібним, який попередньо треба визначити, і, по-друге, наявні можливості системи національної безпеки не будуть точно відповідати потрібним, що призводить до зниження рівня національної безпеки Зрозуміло, що при цьому про максимальну ефективність функціонування системи національної безпеки взагалі не йдеться.

Процес “застосування” складної системи (одна з основних її ознак) є максимально ефективною реалізацією її системного “потенціалу здатності” для досягнення системної мети. Обраний варіант застосування рівня системи національної безпеки є також обмеженням для оптимізаційної задачі оптимального параметричного синтезу максимально ефективною системою національної безпеки.

Максимально ефективною системою національної безпеки за призначенням пов’язане, як то доведене, з доцільним використанням “внутрішнього” ресурсу системи.

З іншого боку, створення та вдосконалення складних “систем” (особливо – “великої” системи національної безпеки) пов’язані з використанням величезних різнорідних ресурсів (фінансові, трудові, матеріальні і ресурси спеціального і загального призначення, інформаційні ресурси, тощо). Максимальна доцільність (ефективність) використання “зовнішніх” ресурсів для системи національної безпеки також може бути досягнута тільки оптимальним розподілом витрат ресурсів по заходах створення і вдосконалення.

Діяльність у сфері національної безпеки на науковій основі, коли методологічним підґрунтям є “системний” підхід, об’єктивно визначає теоретичні основи державного управління, дослідження операцій та кібернетику передбачає необхідний фах керівника і науковця. Взагалі основи теорії оптимальних рішень є обов’язковою умовою потрібного сучасного рівня фаху як науковців, так і осіб, що займають керівні посади державного управління. Така вимога, нарешті, повинна бути забезпечена відповідною підготовкою керівних та наукових кадрів в державі і стати реальністю.

Метою системного аналізу є всебічне вивчення системи національної безпеки, а саме:

- з’ясування системних ознак системи (визначення змісту їх “фреймів”);
- виявлення і оцінка властивостей системи;
- визначення характеристик системи для оцінки його фактичних можливостей.

Загальна концепція системного аналізу системи національної безпеки надана на рис.2.

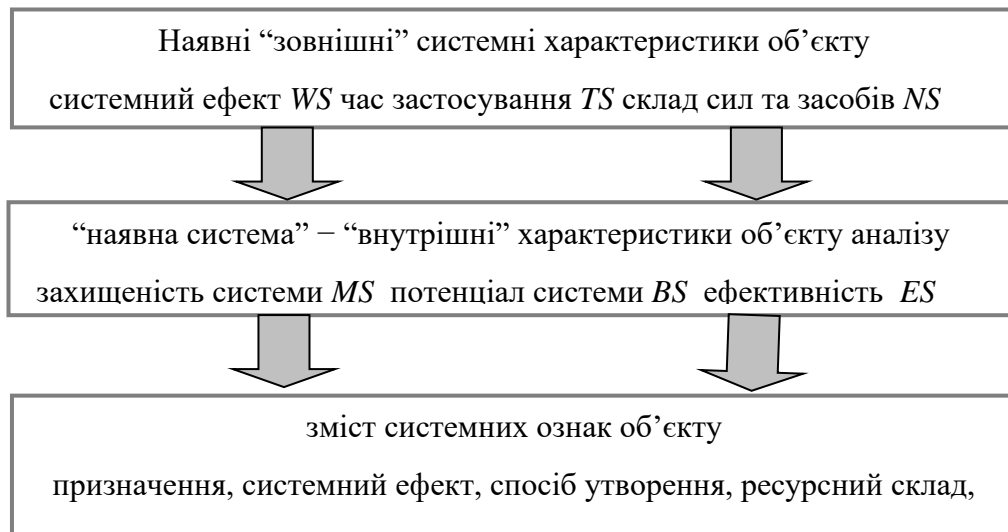


Рис.2. Загальна концепція системного аналізу системи національної безпеки

Системний аналіз дозволяє визначити закони функціонування об'єктів “складної системи” та закономірності, через які вони проявляються у загальносистемних характеристиках. Це дозволяє формалізувати задачі синтезу “оптимальних” систем.

Метою системного синтезу є створення “потрібного” об'єкту (в нашому випадку системи національної безпеки), а саме (рис.2 – 4):

визначення потрібного змісту системних ознак;

забезпечення і оцінка потрібних властивостей;

забезпечення значень характеристик об'єкту для досягнення його потрібних можливостей.

Системний синтез дозволяє формалізувати і коректно вирішити задачі побудови “оптимальних” систем національної безпеки з потрібними загальносистемними характеристиками.

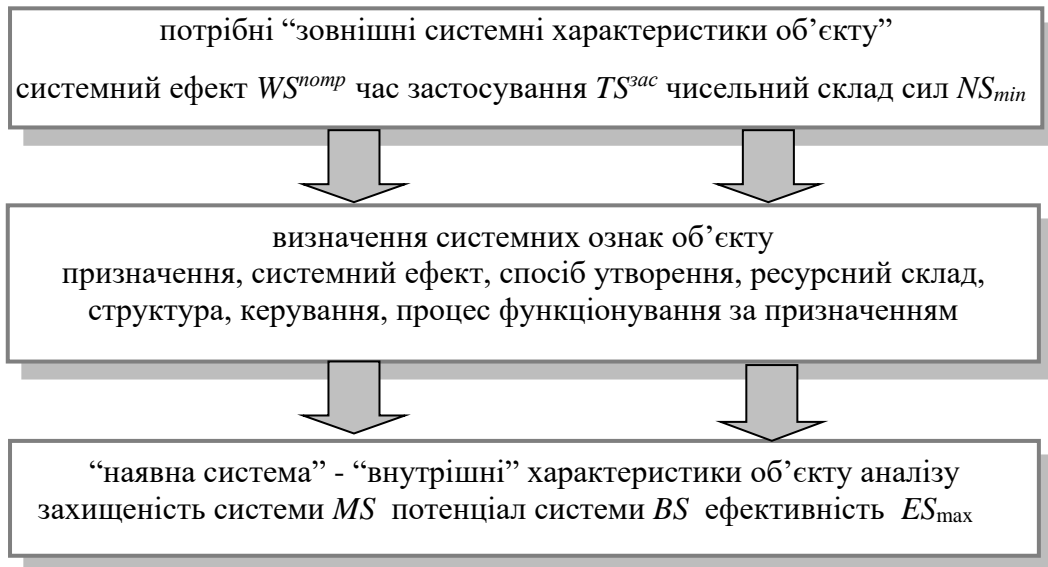


Рис.3. Загальна концепція системного синтезу системи національної безпеки

Метод операційного дослідження містить наступні етапи (рис.3):

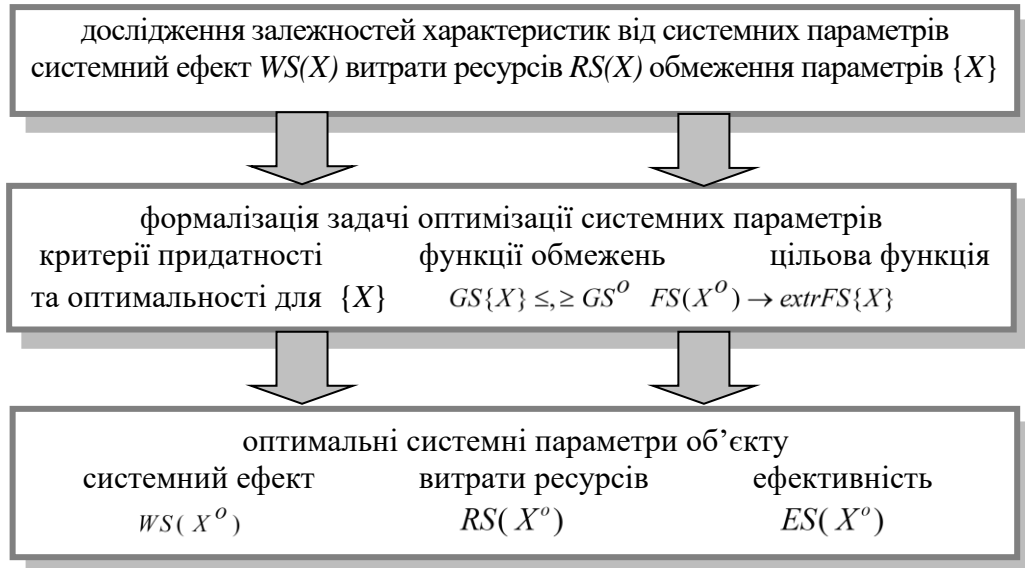


Рис.4. Загальна концепція “операційного дослідження” системи національної безпеки

визначення мети і змістова постановка задачі дослідження системи національної безпеки;

визначення характеристик об’єкту дослідження (залежностей “ефекту” і “витрат” від системних параметрів ефективності);

визначення цільової функції і функцій обмежень, формальна постановка задачі дослідження (розробка математичної моделі системи національної безпеки);

вибір методу та вирішення задачі оптимізації системних параметрів, які максимізують ефективність об'єкта дослідження (в ношу випадку системи національної безпеки);

коригування моделі системи національної безпеки по результатах реалізації рішення.

Як було зазначено в попередній частині дослідження та враховуючи постійну появу нових видів та типів викликів і загроз національній безпеці постає необхідність проводити їх виявлення та ідентифікацію в режимі реального часу. З огляду на вищезазначене і необхідність роботи з великими масивами різнотипних даних, найбільш доцільним є використання методів теорії штучного інтелекту. Зазначене дозволить:

описати взаємозв'язки між викликами та загрозами національній безпеці держави;

провести оновлення бази даних викликів та загроз національній безпеці за рахунок процедур навчання;

виявити, ідентифікувати та оцінити ступінь викликів та загроз національній безпеці та величину їх деструктивного впливу в режимі реального часу;

вирішити проблему попадання в глобальний та локальний оптимуми та ін.

Функціонування інтелектуальної системи управління національною безпекою можна описати як постійне прийняття рішень на основі аналізу поточних ситуацій для досягнення певної мети (з урахуванням рис. 2–4).

Пропонуються наступні етапи функціонування інтелектуальних систем для управління національною безпекою держави:

1. Комплексний аналіз зовнішніх та внутрішніх викликів (загроз) національній безпеці. Результатом комплексного аналізу є створення описової моделі (сукупності моделей, комплексної моделі) рівня національної безпеки держави.

2. Порівняння отриманого комплексного опису викликів та загроз національної безпеки з наявними в базі даних викликів та загроз і поповнення цього опису.

3. Обґрунтування можливих заходів протидії викликам та загрозам національній безпеці держави.

4. Імплементация алгоритму протидії викликам та загрозам національній безпеці для реагування інтелектуальної системи управління національною безпекою на виклики і загрози національній безпеці.

5. Реалізація реакції інтелектуальної системи управління національною безпекою.

Ці дії є умовними та концептуально описують основні етапи функціонування інтелектуальних систем для протидії гібридним викликам та загрозам національної безпеки держави.

2.6.5 Архітектура інформаційної системи з використанням методологічних засад інтелектуального управління системою національної безпеки в умовах асиметричного конфлікту

Інформаційна система з використанням методологічних засад інтелектуального управління системою національної безпеки в умовах асиметричного конфлікту наведена рис. 5.

У її основі є система управління базою даних (СУБД) MySQL, підсистема серверу та підсистема клієнта.

Фізично даний комплекс програм може бути розміщений на сервері під управління будь-якої серверної операційної системи, наприклад Windows 2016 Server, Ubuntu 18.04 Server тощо.

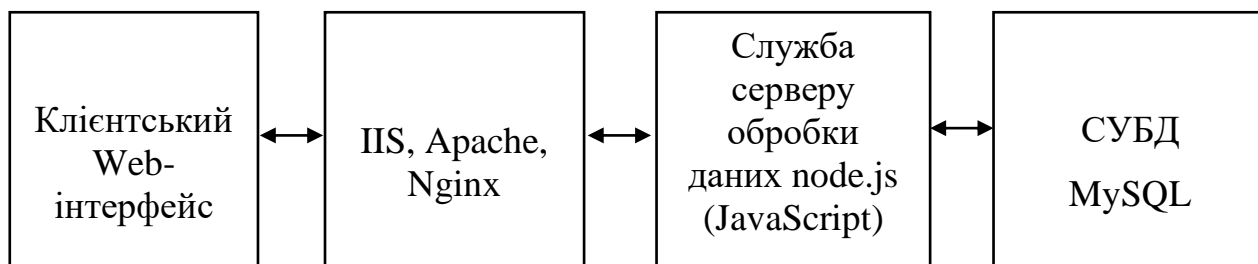


Рис. 5. Функціональна схема комплексу програм інформаційної системи управління національною безпекою

Основу системи зберігання та накопичення даних в “Озері даних” у фізичному вигляді складає СУБД MySQL. Структура таблиць СУБД MySQL цивільного контролю над сектором безпеки і оборони України складається з наступних таблиць:

– таблиця **table1** містить у собі інформацію, що отримана з відкритих джерел інформації. Крім цього у таблиці є поля для ідентифікації оператора, що ввів дані до “Озера даних” та можливі висновки, що формуються користувачем даних.

– таблиця **source1** містить у собі інформацію про кількість, та тип інформації про ресурси, які задіяні в інтересах сектору безпеки і оборони.

– таблиця **pidrozd** містить у собі поля, що дозволяють розкривати належність того чи іншого підрозділу до угруповання, а також вказувати його географічні координати за наявності.

– таблиця **order** містить у собі поля, що дозволяють аналізувати накази вищого керівництва Збройних Сил України та інших складових сектору безпеки і оборони.

– у таблиці **radmer** розміщуються різномірні дані про інформаційну складову навколо сектору безпеки та оборони.

– таблиці **user** та **owner** створені для розділення користувачів та надання для них прав доступу до системи та моніторингу визначеної групи повідомлень.

Висновки

1. Розглянуті особливості сучасних війн визначальним чином змінюють склад елементів воєнно-політичної обстановки – розвідувальних ознак, які мають бути проаналізовані в рамках аналізу ВПО з метою оцінки можливості початку війни. Одним з головних висновків, який має бути зроблений з аналізу характеру можливих воєнних конфліктів, є те, що сучасна держава не має єдиного органу, який би мав повний спектр інструментів, достатніх для протиборства у сучасних воєнних конфліктах. Це значно підвищує важливість адекватної оцінки ВПО, своєчасного виявлення воєнних загроз, а також висуває підвищені вимоги до якості державного управління і координації дій державних органів.

Оскільки сучасні воєнні конфлікти набувають нового характеру, аналіз ВПО також має змінювати свій зміст і методи. Зміна характерних рис сучасних воєнних конфліктів і воєнно-політичних відносин висуває нові акценти, на які потрібно звернути увагу під час аналізу ВПО, визначає нові елементи ВПО, які потрібно проаналізувати, щоб забезпечити адекватність результатів аналізу.

2. В ході зазначеного дослідження авторами запропоновані методологічні засади інтелектуального управління системою національної безпеки в умовах асиметричного конфлікту, що складається з наступних взаєпов'язаних складових:

методика ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави на основі штучної імунної системи;

методика комплексного аналізу та багатовимірного прогнозування стану системи національною безпеки;

методика пошуку рішень на основі алгоритму зозулі;

підхід до синтезу інтелектуальної системи управління національною безпекою;

архітектура інформаційної системи з застосуванням запропонованої методології.

3. У цьому дослідженні проведено розробку методики виявлення та ідентифікації гібридних викликів та загроз в системі управління національною безпекою.

Результати дослідження стануть у нагоді при:

– розробці нових алгоритмів управління системою національної безпеки на етапі виявлення та ідентифікації викликів та загроз національній безпеці держави в умовах гібридного деструктивного впливу;

– обґрунтуванні рекомендацій щодо підвищення ефективності оперативного управління системою національної безпеки на етапі виявлення та ідентифікації викликів і загроз національній безпеці держави в умовах гібридного деструктивного впливу;

– при створенні перспективних технологій підвищення ефективності оперативного управління системою національної безпеки на етапі виявлення та ідентифікації викликів та загроз національній безпеці держави в умовах гібридного деструктивного впливу;

– розробці нових та удосконаленні існуючих моделей, методів (методик) управління системою національної безпеки.

4. Визначено алгоритм реалізації методики комплексного аналізу та багатовимірного прогнозування стану системи управління національною безпекою, що дозволяє:

– врахувати тип невизначеності даних та наявні обчислювальні ресурси системи управління національною безпекою;

– врахувати пріоритетність пошуку особинами з кошачої зграї;

– провести початкове виставлення особин кошачої зграї;

– провести точне навчання особин котячої зграї з використанням виразів, що розроблені в роботі [83];

– врахувати тип невизначеності та зашумленості даних;

– провести при коригуванні нечітких когнітивних моделей за допомогою генетичного алгоритму;

– провести навчання баз знань, що здійснюється шляхом навчання

синаптичних ваг штучної нейронної мережі, типу та параметрів функції належності, а також архітектури окремих елементів і архітектури штучної нейронної мережі в цілому;

– застосовувати як універсальний інструмент вирішення завдання аналізу стану системи національної безпеки за рахунок ієрархічності опису системи національної безпеки;

– перевірити адекватність отриманих результатів;

– уникнути проблеми локального екстремуму.

Методика дозволяє підвищити оперативність обробки даних на рівні 18–25 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

5. Проведено аналіз канонічного алгоритму зозулі для пошуку рішень щодо стану системи національної безпеки. В ході аналізу визначені недоліки канонічного алгоритму зозулі:

– побудова вихідної ділянки пошуку рішення відбувається без врахування типу невизначеності та зашумленості вихідних даних;

– модель стану системи національної безпеки є статичною та не враховує наявні обчислювальні ресурси системи;

– процедури ймовірності виявлення гнізд та довжини кроку зозулі описуються випадковим законом і потребують великих обчислювальних затрат;

– навчання особин в канонічному алгоритмі зозулі не передбачено.

Запропоновано алгоритм реалізації методики, що дозволяє:

– враховувати тип невизначеності даних;

– врахувати ступінь невизначеності про стан системи національною безпеки;

– врахувати наявні обчислювальні ресурси системи аналізу системи управління національною безпеки;

– врахувати пріоритетність пошуку гнізд;

– зменшити довжину маршруту;

– провести точне навчання особин зозуль;

– застосовувати як універсальний інструмент вирішення завдання аналізу стану системи національної безпеки за рахунок ієрархічності її опису;

- перевірити адекватність отриманих результатів;
- уникнути проблеми локального екстремуму.

Методика дозволяє підвищити оперативність обробки даних на рівні 21–28 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

6. В дослідженні підхід до синтезу інтелектуальної системи управління національною безпекою.

Новизна запропонованого підходу полягає у:

- врахуванні оперативності при обранні того чи іншого методу при дослідженні стану системи національної безпеки;
- розрахунку достовірності при обранні того чи іншого методу при дослідженні стану системи національної безпеки;
- врахуванні оперативності прийнятих рішень щодо дослідження стану системи національної безпеки при виборі одного або іншого методу дослідження;
- адаптації до нових викликів і загроз національній безпеці;
- обґрунтованості управлінських рішень при управлінні системою національної безпеки;
- врахуванні різних вихідних даних, що є різні за походженням та одиницями виміру;
- проведенні аналізу великих масивів даних.

Зазначену методологію доцільно реалізувати в алгоритмічному та програмному забезпеченні при дослідженні стану системи національної безпеки.

7. Запропонована архітектура інформаційної системи з застосуванням запропонованої методології. Архітектура інформаційної системи дозволяє здійснити імплементацію теоретичних досліджень наведених вище у програмно-апаратне забезпечення.

SECTION 3. GENERAL AGRICULTURE

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.3.1

3.1 Influence of sediment of wastewater on the change of agro-ecological indicators of a sod-pedosal soil under energy willow

The introduction of sewage sludge (SS) as fertilizer for agricultural crops is becoming widespread in the world, which is due to objective circumstances related to the growth of municipal waste and the limitation of valuable suburban areas for long-term storage of this waste. In view of its chemical composition, SS is now considered as a potential rich source of a range of plant nutrients and soil organic matter, and is promising for use as a ground cover phytoremediation agent. [195]. Numerous scientific sources contain information on the high efficiency of the use of PES for food and industrial crops [140, 147, 158].

However, many researchers [137, 151-154] are concerned about the potential impact on food crop productivity and product quality safety, as well as changes in the agroecological state of the soil environment. In our opinion, a compromise option for the relatively safe use of SS as a fertilizer is to apply it under perennial energy crops to obtain biomass [136,143, 165-168].

The use of SS during the cultivation of energy crops is a compromise strategy for reducing municipal waste and increasing the yield of biomass as a source of renewable energy.

One of the most promising energy crops is energy willow (*Salix* spp.). Due to its high energy and growth rate and adaptability to cultivation on marginal land, which is important because this crop does not compete with food crops for cultivation area.

Studies have shown that the use of SS at rates of 40 – 80 t/ha per growing cycle for energy willow contributes to an increase in the biomass yield by 34-42- %, leading to an improvement in plant biometric indicators, in particular stem diameter and leaf area [158-160].

Overall, the use of SS in energy willow production showed promising results in terms of biomass yield and nutrient supply. However, more research is needed to

fully understand the potential risks associated with the use of SS, especially with regard to the accumulation of heavy metals in soil and changes in its agroecological status.

The purpose of our research was to determine the degree of influence of the reuse of sewage sludge and composts based on it on the change of agro-ecological indicators introduced under energy willow.

It is known that a promising way of using SS as a fertilizer is its composting, in particular with cereal straw and tree sawdust [183]. During SS composting, degradation of high-molecular compounds into precursors occurs, then polymerization into humus-like compounds, which play a significant role in humus formation of the soil cover and its phytoremediation, as they can enhance plant growth, contribute to the improvement of water-physical properties of the soil, enrich with nutrients and suppress diseases [197]. Before starting the field experiment, three types of compost were also produced:

1. Compost (SS + sawdust (3:1));
2. Compost (SS + straw (3:1));
3. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%).

The main agrochemical indicators were determined in each of the options of manufactured composts.

Field studies to determine the agrochemical efficiency of sewage sludge for growing energy willow on the sod-podzolic soils of Precarpathia were carried out according to the following scheme:

1. Control – without fertilizers; 2. Mineral fertilizers - $N_{100}P_{100}K_{100}$; 3. SS – 40 t/ha; 4. SS – 60 t/ha; 5. SS – 80 t/ha; 6. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha; 7. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha; 8. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha; 9. Compost (SS + straw (3:1)) – 60 t/ha; 10. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha. Planting scheme of energy willow – 0.33 x 0.70 m. Plot width 4.0 m; length – 7 m; area – 28 m². Repetition - three times, placement of plots - systematic.

After the establishment of plantations in our research, the four-year-old willow was cut in autumn so that 8-10 cm of the trunk remained above the soil

surface. The following year, after cutting the vegetative mass in early spring, immediately after the cessation of persistent frosts until the germination of the willow cuttings, the soil was loosened between the rows with an improved milling cultivator, and sewage sludge and composts based on sewage sludge and sawdust of coniferous trees, straw of grain crops were re-applied according to the specified scheme of the experiment [157]. Appropriate work was carried out in the first year to ensure the vitality of the plants. In the first year after felling, 5 – 8 branches with a length of about 3 – 4 m sprout from one trunk. The length of the branches depends on the water regime and the level of mineral nutrition. After the end of the fourth year of vegetation, the willow was cut by hand and samples were taken for quantitative analyzes [Lopushniak 2020]. Soil samples were taken at a depth of 0 – 20 cm, and green mass (leaves and shoots) and the root system were taken in the summer period, which in the experiment was from June to August. Average values of indicators were determined in the obtained results.

Sampling for agrochemical analyzes was carried out in accordance with DSTU 4287. Determination of the humus content in the soil was carried out according to the Tyurin method according to DSTU 4289; labile forms - after each crop rotation rotation according to DSTU 4732. The fractional group composition of humus was determined by the method of Ponomaryova - Plotnikova according to MVV 31-497058-008. The selection of soil samples for physical and chemical analyzes was carried out in accordance with DSTU ISO 11464. the determination of trace elements and heavy metals was carried out according to the methods of DSTU 4770.1 – DSTU 4770.9. Analysis of plants was carried out according to standard methods: Cu –27995; Zn – 27996; Fe –27998; Mn –27997; Mg –30502; Ca –26570; N –13496; P –26657; K - by the flame-photometric method. Heavy metals and trace elements in the plant were determined by the atomic absorption method. To assess the contamination of energy willow by the content of heavy metals, generally accepted MPCs for plants were used [160]. The biological activity of the soil was determined by the method of appliqués made of linen fabric, which was laid in the 0-40 cm layer of the soil, the essence of which is to quantify the intensity of decomposition of the fiber laid for a certain period

of exposure in the soil. Fertilizers were applied before plowing in early spring with a disc harrow. Fertilizer doses were calculated based on the dry organic matter content of fertilizers.

In the process of searching for sensitive test objects for assessing the level of soil toxicity in different versions of the experiment, we germinated the seeds of three different types of plants, namely common flax (*Linum usitatissimum L.*), annual sunflower (*Helianthus annuus L.*), watercress (*Lepidium sativum L.*).

For the study, testing of soil samples in thermostat conditions was chosen $t = (+ 25) ^\circ\text{C}$. 1 g of crushed soil was placed in Petri dishes on filter paper and 5–7 ml of settled boiled tap water was poured. Then 5 seeds of the test culture were laid out. Petri dishes were placed in a thermostat. After 96 hours, the length of the root and stem systems was measured. The phytotoxic effect was determined as a percentage of plant weight, length of root or stem system, number of damaged plants or number of seedlings. Based on the amount of plant mass formed, the phytotoxic effect (PE) was calculated according to the formula:

$$\text{PE} = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100$$

where M_0 is the mass or growth indicators of plants in a Petri dish with control soil;

M_x is the mass or growth rate in a Petri dish with the soil under study.

Processing and generalization of the research results was carried out using the methods of mathematical statistics with the help of the STATISTICA 6.0 and EXCEL programs. Systematic application of SS as fertilizer over a long period can increase the content of heavy metals in the soil to a critical level, which can negatively affect plants. The accumulation of heavy metals in plant products also depends on the ability of plants to transform metal forms into a physiologically inactive state [159].

Entering the soil, compounds of heavy metals are transformed and distributed between the phases of the soil due to various physical and chemical processes [159, 178]. Most of the heavy metals have an important biogenic value, and at a low level of their content, a deficiency of elements may occur. Indicators of the mobility of

elements are often used to normalize pollution in soil and plants, since an adequate assessment is the condition of plants due to the gross amount of heavy metals absorbed only at high concentrations.

The content of heavy metals in the soil due to the introduction of SS. According to researchers, high soil bioproductivity depends on the content and composition of organic matter and the availability of trace elements for plants. Their lack or excess contributes to the reduction of the harvest and deterioration of its quality.

SS contains a significant amount of trace elements, as well as heavy metals. A certain part of heavy metals can be assimilated by the root systems of cultivated plants. Therefore, there is a danger of heavy metal contamination of agricultural products with the introduction of SS, which is significantly reduced when used for crops that are used for energy purposes.

Among the tasks of the research was to determine the danger of contamination of the soil and plant material of energy willow with heavy metals due to the introduction of SS and composts based on it. The results of the research indicate a significant impact of SS application on the content of mobile compounds of heavy metals in the sod-podzolic soil of Precarpathia, particularly zinc (Fig. 1).

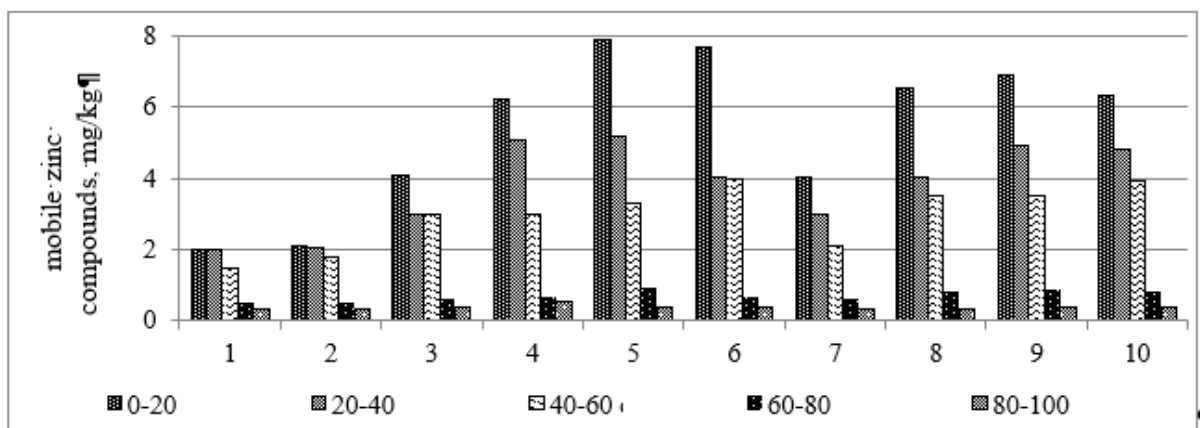


Fig. 1. The content of mobile zinc compounds in the sod-podzolic soil of Precarpathia under the influence of repeated application of sewage sludge, average for 2016-2021:

There is practically no data on the influence of trace elements on the productivity of willow energy in the scientific literature. However, it is known that the lack and excess of trace elements significantly affect the photosynthesis of green plants, the deficiency of Mg, S, Ca, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Mo negatively affects the

intensity of photosynthesis [142, 141]. Zinc, as a trace element involved in many biochemical processes, is found in the soil in small amounts.

In our research, the content of mobile zinc compounds in the arable (0-20 cm) layer was 2.0 mg/kg of soil in the control without fertilizers. Application of mineral fertilizers increased its content by 0.24 mg/kg of soil compared to the control without fertilizers. The highest index of the content of mobile zinc compounds was observed for the application of SS at a dose of 80 t/ha and compost based on it + sawdust (3:1) at a dose of 60 t/ha, which was 7.9 and 7.8 mg/kg of soil, respectively.

The model of the dependence of the index of the content of mobile zinc compounds in the upper layer (0 – 20 cm) of sod-podzolic soil on the introduction of SS under the energy willow can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0,4712x + 2,8033$$

where y is the content of mobile zinc compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.43$) indicates a moderate relationship between the content of mobile zinc compounds and the doses of SS application.

In a layer of 20 – 40 cm of soil, the content of mobile zinc compounds in the control without fertilizers was equal to 2 mg/kg of soil, with the application of mineral fertilizers it increased by 0.4 mg/kg compared to the control without fertilizers. The equation for the regression of the content of mobile zinc compounds due to the introduction of SS in this layer took the following form:

$$y = 0,2605x + 2,3953,$$

where y is the content of mobile zinc compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.41$).

In the layer (40 – 60 cm), the zinc content in the control without fertilizers was 1.5 mg/kg of soil. With the introduction of fresh SS, its content increased by 1.0 – 2.4

mg/kg of soil compared to the control without fertilizers, the zinc content of composts based on SS was 3.0 – 4.9 mg/kg of soil.

The model of the dependence of the content of mobile zinc compounds on the introduction of SS can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0,2034x + 1,8673$$

where y is the content of mobile zinc compounds, mg/kg;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.50$).

The dependence of the content of zinc in the soil on the added SS at a depth of 60 – 80 cm can be described by the following regression equation:

$$y = 0,0281x + 0,5873,$$

where y is the content of mobile zinc compounds, mg/kg of soil;

x – dose of SS application under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.49$), and at a depth of 80-100 cm of the soil - ($R^2 = 0.47$), which indicates a moderate relationship between the dose of SS application and the content of mobile forms of zinc along the entire turf- of podzolic soil to a depth of 1 m. At a depth of 80 – 100 cm, the zinc content was the same according to the test options and amounted to 0.4 mg/kg. It should be noted that the content of zinc in the options where composts based on SS were applied is lower than in the options where fresh SS was applied.

Lead belongs to toxic pollutants and especially dangerous heavy metals. Among all heavy metals, it is the least labile, and its content in soils is relatively low and varies depending on the type of soil.

In our studies, the content of lead at a depth of 0 – 20 cm ranged from 1.18 to 1.90 mg/kg of soil (Fig. 2).

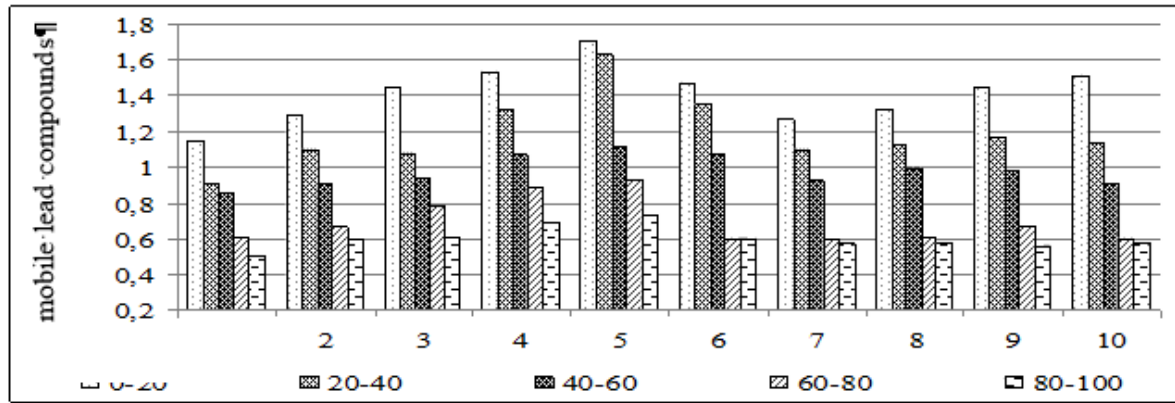


Fig. 2 The content of mobile lead compounds in sod-podzolic soil under the influence of repeated application of sewage sludge, average for 2016-2021:

Indicators of the content of mobile forms of lead depended on the doses and forms of applied fertilizers. The application of mineral fertilizers contributed to an increase in the content of mobile lead compounds by 0.7 mg/kg of soil. We observed a clear line of growth of the index of lead content in sod-podzolic soil during the application of SS. In particular, with an increase in the doses of SS application from 40 to 80 t/ha, the content of this element increased to 1.7 mg/kg of soil in the arable (0-20 cm) layer. The effect of increased doses of lead in the soil is neutralized by adding copper to the soil. The researchers studied the process of lead accumulation in the soil. Lead enters the soil from the atmosphere most often in the form of oxides, where it gradually dissolves, turning into hydroxides, carbonates, or the form of cations.

With the introduction of composts based on SS, the indicator of lead content increased compared to the control and decreased compared to the options where fresh SS was applied. Comparing the option where compost was applied based on SS and straw (3:1) at the rate of 40 t/ha, and the option with the same dose of compost only with the addition of 10% cement dust, the lead content in the soil was 1.3 mg/kg of soil, which is 0.1 more compared to the application of SS compost + straw (3 : 1) – 40 t/ha. Therefore, mobile lead compounds were concentrated in the upper (0-20 cm) layer of sod-podzolic soil.

Copper is one of the least mobile elements in soil. The degree of mobility of this element depends on the acidity of the soil and the conditions of the soil environment [169]. In soils, copper is contained in the form of salts and complex

organometallic compounds. Copper in soils can be in a water-soluble form, exchangeable and absorbed by colloids. This element has a positive effect on drought resistance and frost resistance of plants. It affects the assimilation and translocation of a number of other trace elements in plants.

Our research established the dependence of the copper content in the soil on the application of SS and composts based on it (Fig. 3).

The content of mobile copper compounds in the arable (0 – 20 cm) soil layer in the control without fertilizers was 5.8 mg/kg of soil. With the introduction of mineral fertilizers, this indicator increased by 3.2 compared to the control without fertilizers and was 9 mg/kg of soil. Under the influence of the application of fresh SS, the content of mobile copper compounds gradually increased with increasing doses of SS application, in particular, in the version where it was applied at a dose of 80 t/ha, the content of mobile copper compounds was 9.9 mg/kg of soil, which is 4.1 mg /kg of soil is greater than the control without fertilizers.

In the control variant in the arable (0-20 cm) soil layer, the content of mobile copper compounds was 6.1 mg/kg of soil, and in the variants where fertilizers were applied, it ranged from 8.0 to 11.4 mg/kg of soil.

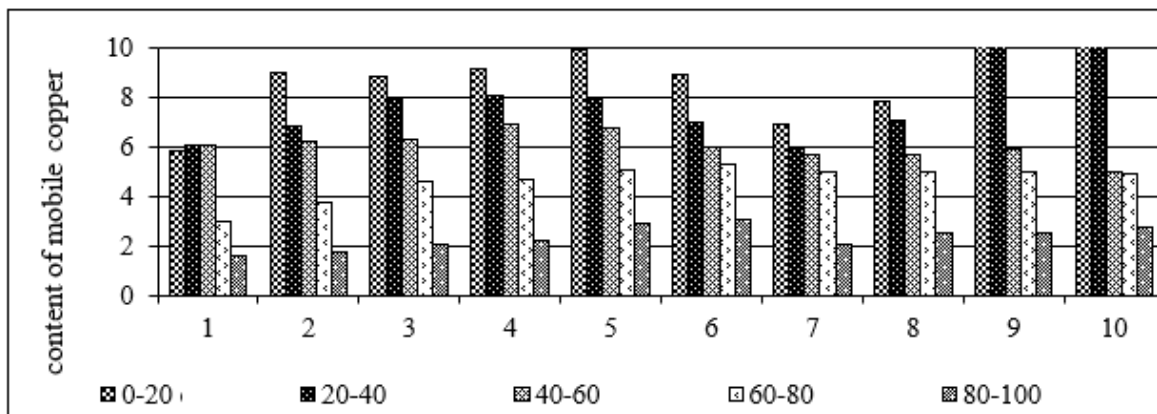


Fig. 3 Dynamics of the content of mobile copper compounds in sod-podzolic soil depending on the re-introduction of sewage sludge, average for 2016-2021:

Dynamic changes in the content of mobile copper compounds in the soil under the influence of fertilizers can be described by the following regression equation:

$$y = 0,3211x + 7,122$$

where y is the content of mobile copper compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.31$), which indicates a weak relationship between the doses of SS application and the increase in the content of mobile copper compounds.

The content of mobile copper compounds in the subsoil layer can be described by the following regression equation:

$$y=0,4523x+5,5713$$

where y is the content of mobile copper compounds, mg/kg of soil;

x – dose of re-introduction of sewage sludge under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination compared to the similar indicator in the 0-20 cm layer grew and was ($R^2 = 0.43$), which indicates a moderate relationship between applied fertilizers and the content of mobile copper compounds. The content of mobile copper compounds in the 40-60 cm layer ranged from 6.1 to 6.9 mg/kg of soil.

The dependence of the content of mobile compounds of copper on the application of fertilizers, namely SS, can be described by the following regression equation:

$$y= -01171x + 6,704$$

where y is the content of mobile copper compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.42$), which also indicates a moderate relationship at a depth of 20 – 40 cm.

As the depth increased, the dependence of the content of mobile copper compounds on the dose of applied SS increased. Thus, at a depth of 60 – 80 cm, the regression equation took on the following form:

$$y = 0,1725x + 3,694$$

where y is the content of mobile copper compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.55$), which indicates a significant relationship between the introduced SS and the increase in the content of mobile copper compounds.

Dependence of the content of mobile copper compounds on applied fertilizers at depth 80 – 100 cm can be described by the following regression equation:

$$y = 0,1089x + 1,762$$

where y is the content of mobile copper compounds, mg/kg;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was ($R^2 = 0.47$), which indicates a moderate relationship between applied fertilizers and an increase in the content of mobile copper compounds.

A low content of cobalt in the soil causes chlorosis, necrosis and even drying of leaves, and its excess can harm the consumption and assimilation of other trace elements. Cobalt is contained in the soil less than other trace elements. The amount of cobalt largely depends on soil-forming and biological processes, the presence of iron and manganese in these soils [171].

As a result of research, the relationship between applied fertilizers and the content of mobile cobalt compounds was revealed. The content of mobile cobalt compounds increased in all layers of the sod-podzolic soil with the introduction of SS (Fig. 4).

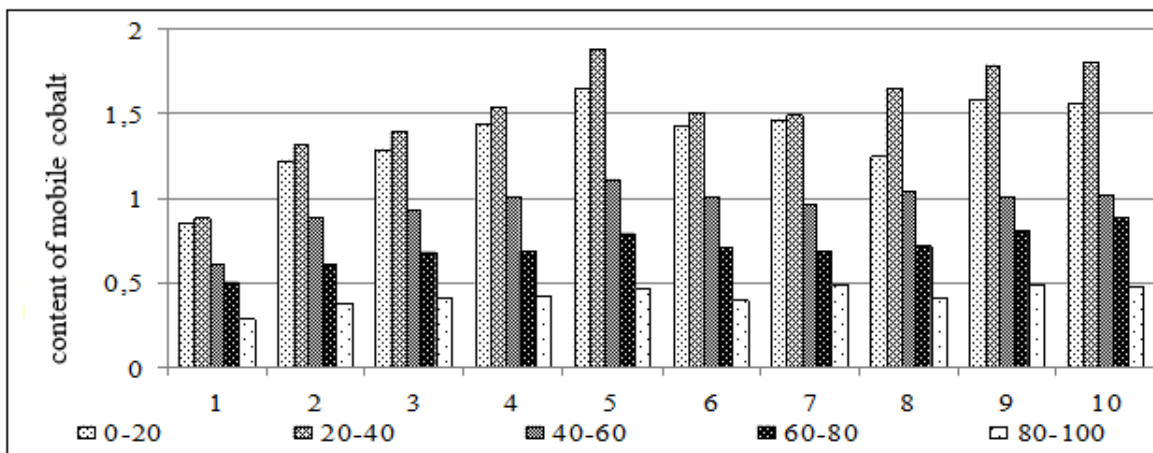


Fig. 4. Dynamics of the content of mobile cobalt compounds in sod-podzolic soil depending on the re-introduction of sewage sludge, average for 2016-2021:

An increase in the rate of introduction of SS provided an increase in the content of mobile cobalt. The regression model of the content of mobile forms of cobalt under the influence of the application of various fertilizers under the energy willow in the arable (0 – 20 cm) layer can be described by the following regression equation:

$$y = 0,0524x + 1,0867,$$

where y is the content of mobile forms of cobalt, mg/kg of soil;

x – the dose of repeated application of SS, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.45$) indicates a moderate relationship between increasing SS doses and the content of mobile forms of cobalt in the soil.

A similar trend remained in the 20 – 40 cm layer, but the absolute indicators of the content of mobile forms of cobalt were somewhat higher. The dependence of the content of mobile forms of cobalt on the use of fertilizers for energy willow can be described by the following regression equation:

$$y = 0,0748x + 1,1153$$

where y is the content of mobile forms of cobalt, mg/kg;

x – dose of re-introduction of sewage sludge under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.61$) indicates a stronger relationship between the introduction of sewage sludge and the content of mobile forms of cobalt in the soil compared to the upper (0 – 20 cm) layer.

In the 40-60 cm layer, a trend similar to the upper layer was preserved. The ratio between the mobile forms of cobalt decreased according to individual options according to the doses of SS application, and the multiple regression equation took the following form:

$$y = 0,0293x + 0,798$$

where y is the content of mobile forms of cobalt, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was $R^2 = 0.42$.

In the 60 – 80 cm layer, the dependence of the amount of mobile forms of cobalt on the introduction of SS can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0,0299x + 0,5453$$

where y is the content of mobile forms of cobalt, mg/kg;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.76$) indicates a significant relationship between increasing SS doses and the content of mobile forms of cobalt compounds in the soil.

In the 80-100 cm layer, the dependence of the content of mobile forms of cobalt on the introduction of SS can be described by the following regression equation:

$$y = 0,0159x + 0,335$$

where y is the content of mobile forms of cobalt, mg/kg;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was $R^2 = 0.62$.

The analysis of the indicators of the multiple coefficient of determination of the content of mobile cobalt compounds in the soil depending on the introduction of SS by soil layers indicates an increase in dependence with depth, which may indicate a certain migration of this element along the soil profile.

The cobalt content in the upper layer (0-20 cm) in the control was 0.85 mg/kg of soil. With the introduction of fresh SS, the content of mobile cobalt compounds increased to 1.29-1.65 mg/kg, which is 0.44-0.80 mg/kg of soil more than the control without fertilizers. With the introduction of composts based on SS, the content of mobile cobalt compounds decreased compared to the options where fresh SS was applied and amounted to 1.43 - 1.59 mg/kg of soil.

The content of mobile forms of cobalt decreased down the profile and at a depth of 80-100 cm was 0.3 mg/kg of soil in the control without fertilizers. When applying fresh SS, the content of mobile cobalt was 0.41-0.46 mg/kg of soil, composts based on SS - 0.40-0.49 mg/kg of soil.

The level of nickel concentration in the soil depends on soil-forming processes and man-made pollution. The highest nickel content is noted in clayey and loamy soils and soils rich in organic substances. The nickel content in soils is 0.004%, in natural surface waters - 0.00000034%.

M.M. Miroschnyenko points out the danger of nickel migration through the soil profile into the lower layers.

Our research established that the content of mobile forms of nickel depends on the use of SS, composts based on it, and mineral fertilizers. As the SS dose decreased, the content of mobile forms of nickel decreased (Fig. 5).

The content of mobile forms of nickel in the control without fertilizers was 0.95 mg/kg in the upper (0-20 cm) soil layer. With the introduction of mineral fertilizers, the content of this element increased by 0.14 mg/kg of soil compared to the control without fertilizers.

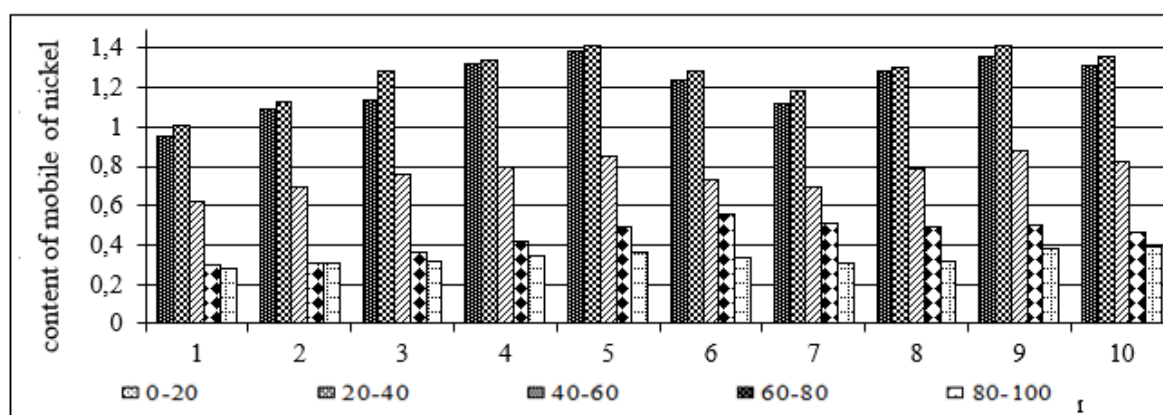


Fig. 5 Dynamics of the content of mobile forms of nickel in the soil along the 0-100 cm profile, average for 2016-2021:

With the introduction of fresh SS the content of mobile forms of nickel was 1.14 - 1.39 mg/kg of soil. In particular, when applying composts based on SS + straw (3:1) at a dose of 40 t/ha, the content of mobile forms of nickel was 1.28 mg/kg of soil.

The content of this element in the subsoil (20 – 40 cm) layer of the soil increased and amounted to 1.01 mg/kg of soil in the control variant.

With the introduction of mineral fertilizers, the nickel content increased by 0.12 mg/kg, compared to the control without fertilizers. When SS was applied, the content of mobile forms of nickel was 1.28 mg/kg - 1.41 mg/kg of soil, that is, it increased by 0.27 - 0.40 mg/kg, depending on the dose of SS application.

With depth, the nickel content gradually decreased and at a depth of 80 - 100 cm was at the level of 0.28 mg/kg of soil in the control without fertilizers and increased to 0.31 - 0.36 mg/kg of soil in the variants with application of SS. When applying

composts based on SS + straw (3:1) + cement dust 10% at a rate of 40 t/ha, the nickel content was 0.39 mg/kg of soil.

The dynamics of the content of mobile forms of nickel in the 0-20 cm layer under the influence of the introduction of SS under the energy willow can be described by the following linear regression equation: $y = 0,0308x + 1,0507$

where y is the content of mobile nickel compounds, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The closeness of the relationship between applied fertilizers and the content of mobile nickel compounds in the soil can be estimated as moderate, since the value of the multiple coefficient of determination (R^2) was at the level of 0.44, which in the deeper layers of the soil remained at the level of values of 0.41 - 0.43 .

The obtained results of the nickel content in the soil testify to the process of accumulation of this element in the upper layers of the soil.

N. A. Makarenko and other researchers claim that cadmium harms the development and growth of green plants. Cadmium is a rare element, but its soil contamination is one of the most dangerous environmental phenomena. Cadmium enters the atmosphere through the burning or processing of plastic products. The average content of cadmium in the soil ranges from 0.2 to 4.0 mg/kg of soil. Cadmium in the soil is mainly in ion-exchangeable forms. Hrebelska N.V. [192] claims that most of the cadmium is fixed in the arable (0-20 cm) layer, and the rest is redistributed along the profile depending on the content of organic substances. Other researchers confirm that organic compounds have the ability to fix cadmium in the soil. With a low content of humus, the migration of cadmium along the profile occurs more intensively.

In our studies, the content of cadmium in the soil profile varied depending on the doses of SS application (Fig. 6).

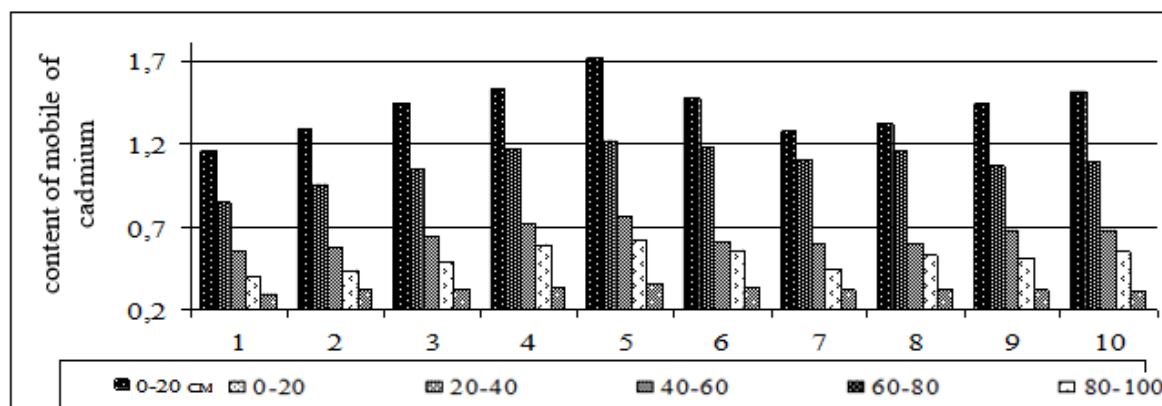


Fig. 6 Dynamics of the content of mobile forms of cadmium in sod-podzolic soil under the influence of repeated application of sewage sludge, average for 2016-2021.

The indicator of cadmium content in the upper (0-20 cm) layer in the control version was 1.15 mg/kg of soil. With the introduction of SS at the rate of 40-80 t/ha, the content of this element increased from 1.30 to 1.71 mg/kg of soil, respectively.

In the soil layer of 20-40 cm, the cadmium content was determined to be the highest after applying 80 t/ha of sewage sludge and amounted to 1.22 mg/kg of soil, which was 0.37 mg/kg of soil higher than the control without fertilizers. The 60-80 cm soil layer contained the least amount of cadmium in the control variant. With the application of fertilizers, the content of this pollutant varied between 0.58 and 0.76 mg/kg of soil. At a depth of 80-100 cm, the cadmium content was within 0.30-0.36 mg/kg of soil. Iron in the soil is mainly in the form of oxides and hydroxides. Iron, together with manganese, as well as oxygen and hydrogen, forms a redox regime in soils [189]. In our research, a certain dependence of the content of mobile iron compounds on the introduced SS and composts based on it was recorded (Fig. 7).

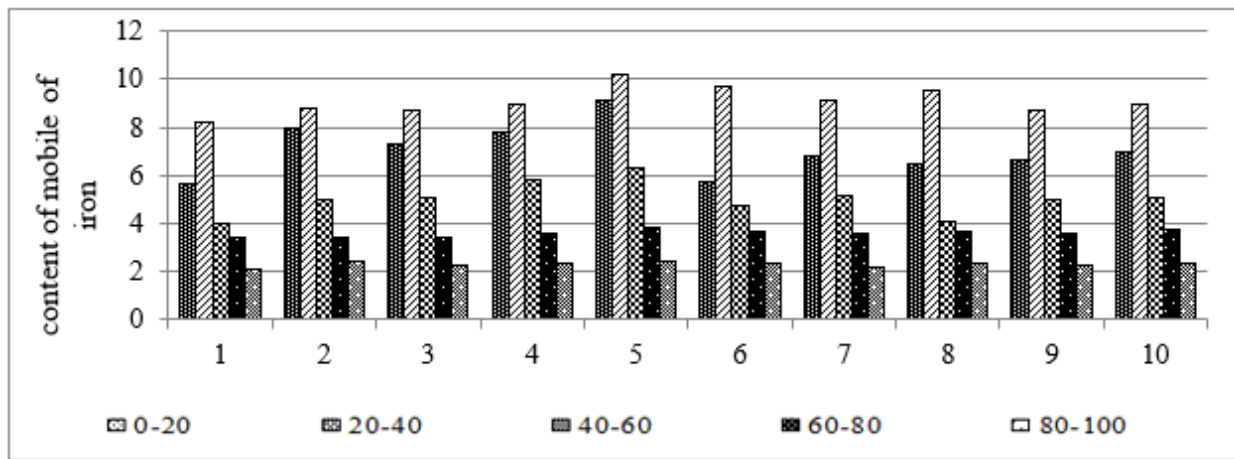


Fig. 7 Dynamics of the content of mobile iron compounds in sod-podzolic soil under the influence of repeated application of sewage sludge, average for 2016-2021.

The introduction of mineral fertilizers provided a slight increase in the content of mobile forms of iron, and the use of sewage sludge contributed to a certain decrease of mobile forms of iron to 5.43 mg/kg. The increase in the content of mobile iron compounds, especially in the upper layers of the soil, was facilitated by the application of SS. The use of SS-based composts significantly reduced the content of mobile iron compounds in the soil.

The regression model of the content of mobile forms of iron under the influence of different fertilization systems in the arable (0-20 cm) layer can be described by the following equation:

$$y = 0.3561x + 9.1673$$

where y is the content of mobile forms of iron, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.43$) indicates a moderate relationship between the increase in the dose of SS application and the content of mobile forms of iron in the soil. A similar trend remained in the 20-40 cm layer, but the absolute indicators of the content of mobile forms were somewhat lower. The dependence of the content of mobile forms of iron on the application of fertilizer systems can be described by the following regression equation:

$$y = 0.3169x + 10.828$$

where y is the content of mobile forms of iron, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.42$) also indicates a moderate relationship between the introduction of SS and the content of mobile forms of iron in the soil.

In the 40-60 cm layer, a trend similar to that observed in the upper layers was preserved. The ratio between the mobile forms of iron decreased according to individual options depending on the doses of SS application, and the regression equation took the following form:

$$y = 0,2392x + 6,8493$$

where y is the content of mobile forms of iron, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination was $R^2 = 0.43$.

In the 60-80 cm layer, the regression equation took the following form:

$$y = 0.0685x + 3.164$$

where y is the content of mobile forms of iron, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha.

The multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.36$) indicates a weak relationship between the reduction of SS doses and the content of mobile forms of iron in the soil.

In the 80-100 cm layer, the dependence can be described by the following regression equation:

$$y = 0.0351x + 2.572$$

where y is the content of mobile forms of iron, mg/kg of soil;

x – the dose of re-application of SS under energy willow, t/ha. The multiple coefficient of determination was $R^2 = 0.36$.

The results of the analyzes show that the content of mobile iron compounds under the conditions of the experiment was higher with the application of fresh SS and with the mineral fertilizer system compared to the control without fertilizers. In our opinion, this is due to an increase in general acidity in the arable (0-20 cm) and sub-arable (20-40 cm) layers of the sod-podzolic soil. Comparing the indicators of the

content of mobile forms of iron in the meter layer, it should be noted that mobile compounds are mainly concentrated in the underground (20-40 cm) layer. The iron content in the control without fertilizers at a depth of 0-20 cm was 5.66 mg/kg. With the introduction of mineral fertilizers, the content of mobile iron compounds increased to 7.98 mg/kg of soil. With the introduction of fresh SS, the iron content increased, in particular, at a dose of 80 t/ha, it was 9.08 mg/kg of soil, which is 3.42 mg/kg of soil higher compared to the control without fertilizers. At a depth of 20-40 cm, the content of this element was 8.23 mg/kg of soil in the control without fertilizers. With the introduction of SS, the index of mobile forms of iron was 8.71–10.23 mg/kg of soil. The content of mobile forms of iron increased by 0.49 - 1.30 mg/kg of soil when composts based on SS were applied compared to the control.

An increased content of iron in the soil was observed after applying compost based on SS and straw (3:1) - 60 t/ha, which was 9.68 mg/kg of soil at a depth of 20-40 cm. The content of mobile forms of iron gradually decreases along the soil profile and at a depth of 80 - 100 cm it was 2.13 - 2.44 mg/kg of soil, which is 0.06 - 0.32 mg/kg of soil more compared to the control without fertilizers.

Therefore, it can be stated that the mobile forms of iron are concentrated in the subsoil (20-40 cm) layer of the soil, and their content increases with increasing doses of SS application. Soil is a specific component of the biosphere, as it not only geochemically accumulates pollution components, but is a natural buffer that controls the transfer of chemical elements and compounds into the atmosphere, hydrosphere, and living matter. A variety of soil types, plant species, and growing conditions affect the state of lead, cadmium, and other pollutants in ecosystem components. Soil resistance to lead and cadmium contamination is determined by the critical levels of these metals, at which toxic effects are detected in plants and in the environment as a whole, and is closely related to the cation exchange capacity. Application of SS and composts based on them under energy willow in sod-podzolic soil affected the total content of heavy metals and the share of their mobile forms (Table 1).

Table 1. The content of heavy metals in the soil after re-introduction of sewage sludge, average for 2016-2021.

option	Tightly bound form				A moving form				Share of movable form from gross form, %			
	мг/кг группы								Pb	Cd	Ni	Co
	Pb	Cd	Ni	Co	Pb	Cd	Ni	Co				
	11,93	0,52	16,51	11,41	1,15	0,09	1,05	1,05	9,6	17,3	6,4	9,2
	12,78	0,78	17,11	11,72	1,29	0,10	1,20	1,22	10,1	12,8	7,0	10,4
	13,51	0,71	18,16	11,69	1,44	0,13	1,27	1,29	10,7	18,3	7,0	11,0
	14,62	0,74	19,12	13,41	1,53	0,14	1,36	1,54	10,5	18,9	7,1	11,5
	16,10	0,91	20,51	13,59	1,75	0,18	1,45	1,65	10,8	19,7	7,2	12,1
	13,68	0,73	19,10	13,11	1,47	0,14	1,30	1,53	10,7	19,1	6,8	11,7
	12,85	0,65	18,11	12,38	1,27	0,12	1,22	1,17	9,9	18,5	6,7	9,5
	13,49	0,69	18,49	13,10	1,32	0,12	1,12	1,25	9,7	17,3	6,1	9,5
	14,61	0,77	19,47	13,53	1,40	0,13	1,16	1,30	9,6	16,8	6,0	9,5
	15,71	0,89	20,10	13,69	1,51	0,15	1,21	1,31	9,6	16,8	6,0	9,5
IP _{0,5}	1,34	0,26	1,50	1,41	1,12	0,01	0,11	0,15				
normal	30,0	3,0	85,0	50,0	6,0	0,7	4,0	5,0				

The content of tightly bound forms of such metals as lead, cadmium, nickel and cobalt did not exceed permissible norms in the soil. When SS was applied at a dose of 80 t/ha, the content of metals was the highest compared to the control without fertilizers, in particular, the content of lead was 16.10 mg/kg of soil, cadmium – 1.01 mg/kg of soil, nickel and cobalt were at the level of 20, respectively. 51 and 13.59 mg/kg of soil.

The indicator of the content of mobile forms of cadmium did not exceed the maximum permissible concentration of this element in the soil. Indicators of the content of mobile forms of cobalt, nickel and cadmium increased in the arable (0 – 20 cm) and decreased in the sub-arable (20 – 40 cm) soil layer, compared to the control without fertilizers.

The indicator of the content of mobile forms of nickel reflected some accumulation of this element at a depth of 20 – 40 cm in sod-podzolic soil. With the introduction of SS, the content of mobile forms of cobalt increases by 0.24 – 0.60 mg/kg of soil, nickel by 0.19 – 0.34 mg/kg of soil, cadmium by 0.29 – 0.56 mg/kg of soil, lead at 0.24 – 0.51 mg/kg of soil. It should be noted that for heavy metals, which are introduced into the soil together with SS, there are often additional conditions for changes in mobility. Accumulation of mobile forms of heavy metals occurs in soil with

a low content of organic matter. At the same time, their transition into a sedentary form occurs all the more intensively due to the increase in humic acids in the composition of humus.

We determined the proportion of mobile forms of heavy metals from the firmly bound form and established its dependence on the doses of sewage sludge and composts introduced into the soil. For cobalt, this dependence can be presented in the form of a graph (Fig. 8 and Fig. 9). The dependence of the content of the share of mobile forms of cobalt on the doses of sewage sludge application can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0.92x + 8.65$$

where y is the share of mobile forms of cobalt in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – dose of fresh sewage sludge application, t/ha. The high correlation between the introduction of fresh SS and the content of the share of mobile forms of cobalt in the sod-podzolic soil is confirmed by the value of the multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.90$).

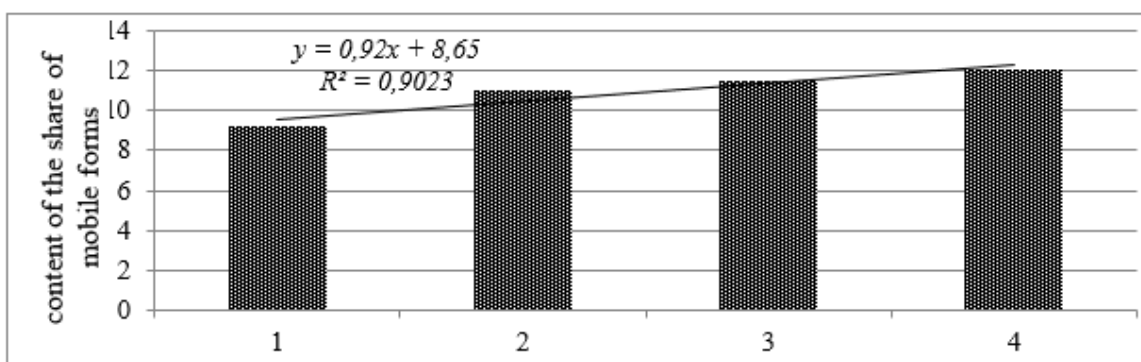


Fig. 8 Dependence of the content of the share of mobile forms of cobalt on the dose of re-introduction of sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. SS - 40t/ha; 3. SS - 60t/ha; 4. SS - 80 t/ha.

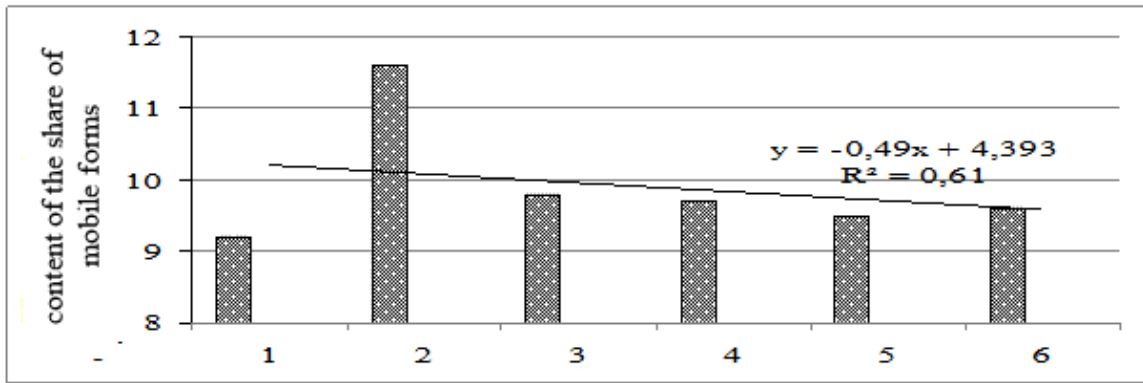


Fig. 9 Dependence of the content of the share of mobile forms of cobalt on the dose of repeated application of composts based on sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha; 3. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha; 4. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha; 5. Compost (SS + straw (3:1)) – 60t/ha; 6. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha.

The dependence of the content of the share of mobile forms of cobalt on the dose of composting based on sewage sludge can be described by the following linear regression equation:

$$y = -0.49x + 4.393$$

where y is the share of mobile forms of cobalt in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – the dose of repeated application of composts based on SS, t/ha. Determining the share of mobile forms of nickel in the soil depending on the dose of sewage sludge and compost application, a high dependence was established (Fig. 10 and Fig. 11). The dependence of the content of the share of mobile forms of nickel on the dose of sewage sludge application can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0.25x + 6.3$$

where y is the share of mobile forms of nickel in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – application dose of SS, t/ha. Multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.80$).

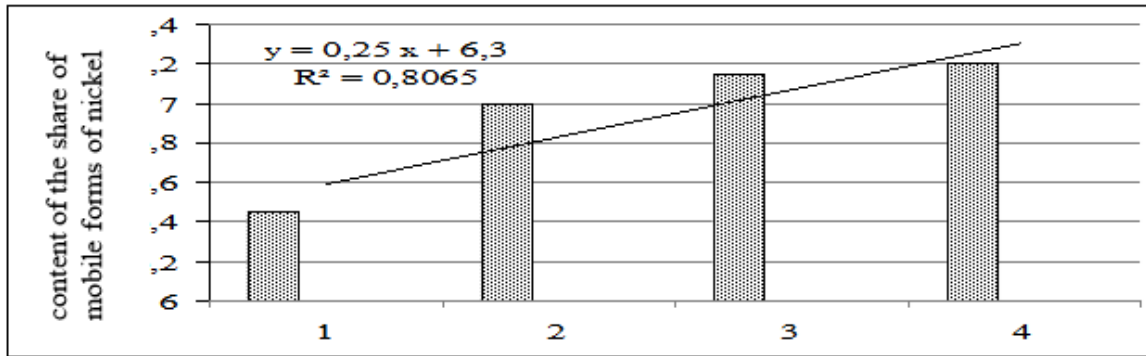


Fig. 10 Dependence of the content of the share of mobile forms of nickel on the dose of re-introduction of sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. SS - 40t/ha; 3. SS - 60t/ha; 4. SS - 80 t/ha.

The dependence of the content of the share of mobile forms of nickel on the dose of composting based on sewage sludge can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0.23x + 7.24$$

where y is the share of mobile forms of nickel in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – the dose of repeated application of composts based on SS, t/ha. The multiple coefficient of determination $R^2 = 0.84$ shows a high degree of connection.

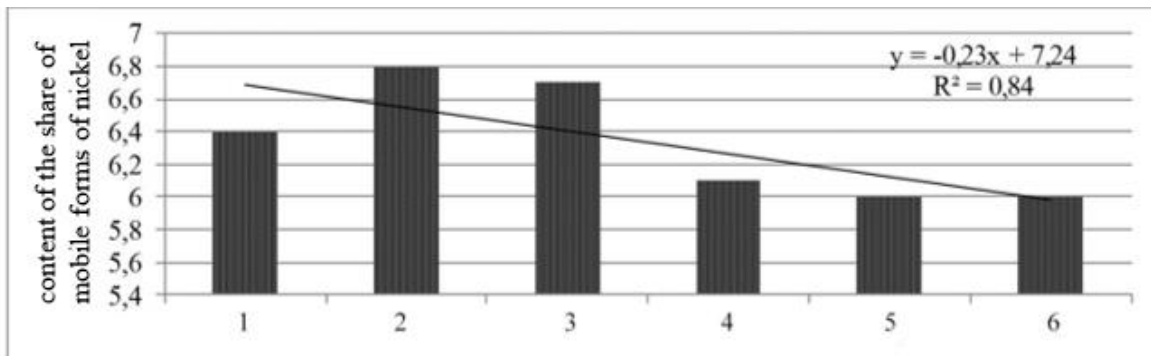


Fig. 11 Dependence of the content of the share of mobile forms of nickel on the dose of repeated application of composts based on sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha; 3. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha; 4. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha; 5. Compost (SS + straw (3:1)) – 60t/ha; 6. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha.

In our research, the share of mobile forms of cadmium in the soil depends on the dose of fresh SS and composts (Fig. 12 and Fig. 13). The dependence of the content

of the share of mobile forms of cadmium on the rate of introduction of sewage sludge can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0,78x + 16,6$$

where y is the share of mobile forms of cadmium in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – the dose of repeated application of SS, t/ha. The high closeness of the relationship between the application of fresh SS and the share of mobile forms of cadmium in the sod-podzolic soil is confirmed by the high value of the multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.99$).

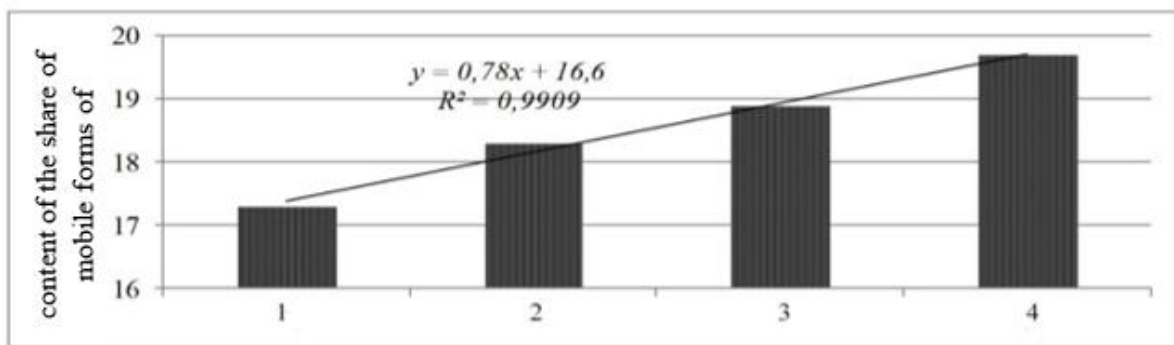


Fig. 12 Dependence of the content of the share of mobile forms of cadmium on the dose of repeated application of sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. SS - 40t/ha; 3. SS - 60t/ha; 4. SS - 80 t/ha.

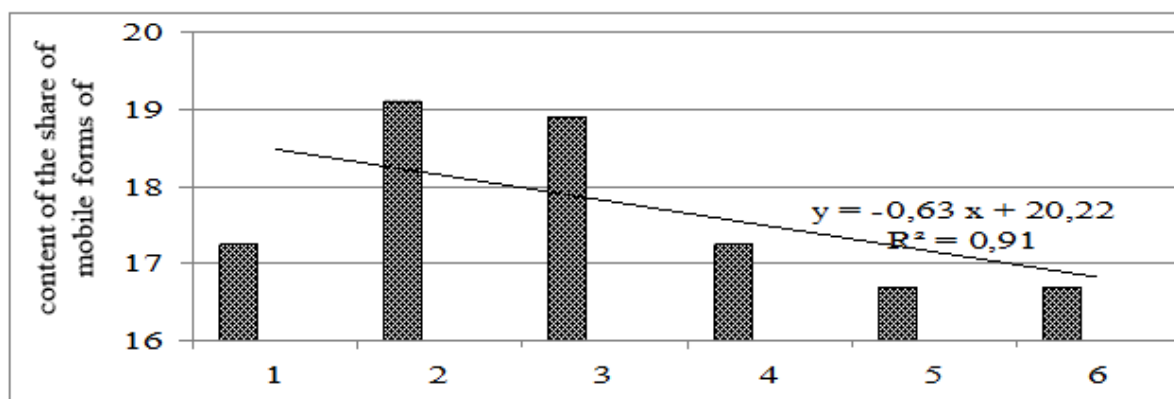


Fig. 13 Dependence of the content of the share of mobile forms of cadmium on the dose of repeated application of composts based on sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha; 3. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha; 4. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha; 5. Compost (SS + straw (3:1)) – 60 t/ha; 6. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha.

The dependence of the content of the share of mobile forms of cadmium on the dose of application of composts based on sewage sludge can be described by a linear regression equation, which has the following form:

$$y = -0,638x + 20,22$$

The multiple coefficient of determination $R^2 = 0.91$ shows a high degree of connection. The share of mobile forms of lead due to the application of SS in the sod-podzolic soil of Precarpathia is closely related, like other metals, to the content of humic acids in humus (Fig. 14 and Fig. 15). The dependence of the share of mobile forms of lead on the dose of sewage sludge application can be described by the following linear regression equation:

$$y = 0,34x + 9,55$$

where y is the content of the share of mobile from gross forms of lead in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – the dose of repeated application of SS, t/ha. A significant correlation between the introduction of fresh SS and the share of mobile forms of lead in turf-podzolic soil is confirmed by the value of the multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.64$).

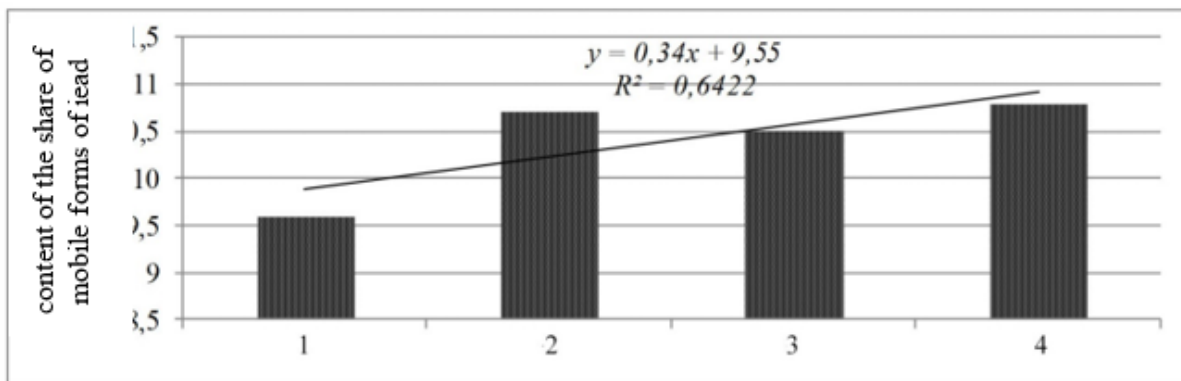


Fig. 14 Dependence of the share of mobile forms of lead on the dose of re-introduction of sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. SS - 40 t/ha; 3. SS - 60t/ha; 4. SS - 80 t/ha.

The dependence of the content of the share of mobile forms of lead on the dose of composting based on sewage sludge can be described by the following linear regression equation:

$$y = -0,25x + 10,9$$

where y is the content of the share of mobile from gross forms of lead in sod-podzolic soil under the influence of applying fresh SS, %; x – doses of compost application based on SS, t/ha. The significant relationship is confirmed by the value of the multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.73$).

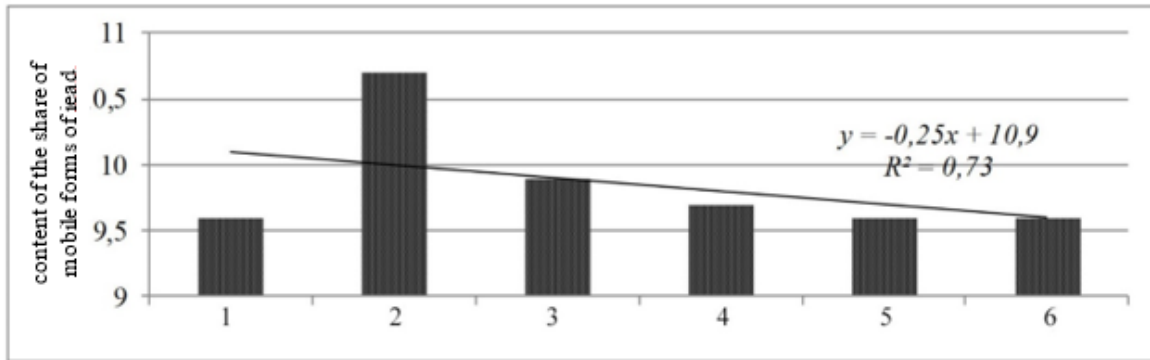


Fig. 15 Dependence of the content of the share of mobile forms of lead on the dose of compost application based on sewage sludge in the sod-podzolic soil of Precarpathia:

1. Control – without fertilizers; 2. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha; 3. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha; 4. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha; 5. Compost (SS + straw (3:1)) – 60t/ha; 6. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha.

The use of composts based on sewage sludge contributes to the reduction of absolute indicators of mobile forms of heavy metals, compared to options where fresh sewage sludge was introduced and their share compared to the content of gross forms, which indicates a reduction in environmental risks due to its introduction in the form of composts.

A comparative analysis of the content of mobile forms of heavy metals in the soil after applying sewage sludge compost with straw at a dose of 60 t/ha indicates lower absolute indicators and their share by 1.1% in terms of lead content, 2.2% in cadmium and cobalt and by 0.8% in terms of nickel content compared to similar indicators for the application of compost with sawdust.

Biological activity and phytotoxicity of the soil due to the introduction of sewage sludge

An important indicator of the agroecological state of the soil is not only the content of heavy metals in it, but also its biological activity and level of toxicity.

Restoration and increase of soil fertility, improvement of root nutrition of plants is the basis of obtaining high and sustainable harvests and is related to the regulation of the activity of useful soil microflora [184]. An important indicator of soil biological activity is the intensity of decomposition of organic compounds [195, 196]. Assessment of biological activity can be given by the intensity of decomposition of strips of linen fabric in the soil (application method), which gives good comparative results for the assessment of the intensity of mineralization by different applied means of soil use techniques [184].

Determining the biological activity of the soil according to the degree of decomposition of linen fabric showed an increase in microbiological activity during the application of fertilizers, however, the intensity of decomposition varied significantly according to the variants of the experiment (Table 2).

Our research showed that the intensity of decomposition of linen fabric varied both according to the experimental options and the depth of the soil. On average, over 4 years of research, in all variants of the experiment, without exception, the highest biological activity was observed in the soil layer 0 – 20 cm. When applying composts based on SS and straw (3: 1) in a dose of 20 – 60 t/ha in the first month in arable land in the soil layer, from 30.0 to 37.9% of the linen was decomposed, and in two months - more from 44.9 to 52.7%. The difference with the control in the arable (0 – 20 cm) layer reached an average of 9.8 – 12.5%.

When SS was applied at a dose of 80 t/ha, tissue decomposition compared to the control increased by 11.8% in the first month. In July, the level of decomposition was 45.4% in the arable and 39.3% in the subsoil layers of the soil.

Table 2

Dynamics of soil biological activity under the influence of repeated application of sewage sludge (linen decomposition), average for 2016-2021, %

Option	Soil layer, see	June	July	August
1. Without fertilizers	0-20	26,6	39,7	59,9
	20-40	20,4	30,2	51,6
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	0-20	22,1	37,1	56,7
	20-40	17,0	28,7	50,9
3. SS 40 t/ha	0-20	31,8	36,3	60,3
	20-40	20,9	33,1	53,2
4. SS 60 t/ha	0-20	36,1	42,4	69,4
	20-40	20,5	42,6	58,7
5. SS 80 t/ha	0-20	38,4	45,4	70,8
	20-40	21,7	39,3	51,5
6. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha	0-20	35,1	46,5	64,3
	20-40	21,9	41,2	54,8
7 Compost (SS+ straw (3:1)) – 20 t/ha	0-20	30,0	44,9	63,6
	20-40	20,9	40,8	56,1
8. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha	0-20	34,4	49,3	67,1
	20-40	21,6	43,5	59,4
9. Compost (SS + straw (3:1)) – 60 t/ha	0-20	37,9	52,7	71,1
	20-40	22,4	49,1	63,2
10. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha	0-20	37,1	50,6	69,3
	20-40	22,1	44,7	60,1
LSD ₀₅	0-20	1,0	3,4	1,8
	20-40	0,2	4,4	3,1

In three months, the decomposition of the fabric was the greatest when applying SS at a dose of 80 t/ha and was 70.8% in the 0 – 20 cm layer. When applying SS compost + straw at a dose of 60 t/ha, the degree of decomposition of linen fabric was 71.1% in the upper layer, which is 11.2% more compared to the control without fertilizers.

The intensity of fabric decomposition depended on weather conditions. In dry years, tissue decomposition slowed down somewhat (for example, in 2011), and in conditions of sufficient moisture, mineralization processes occurred more intensively. Increasing the doses of organic fertilizers ensured an increase in the intensity of tissue decomposition already at the early stages of vegetation. The organic system was somewhat inferior to the system where composts based on SS and straw were applied.

Thus, on the basis of the analysis of the data of studies of the biological activity of the soil by the intensity of decomposition of linen fabric, it can be concluded that the introduction of all types of fertilizers activated, to one degree or another, the vital activity of the soil microflora. The greatest positive impact on the biological activity of the soil was achieved by the application of composts based on SS, and the greatest biological activity was noted in the 0 – 20 cm soil layer. The application of mineral fertilizers did not significantly affect this indicator.

Table 3. Sensitivity of common flax (*Linum usitatissimum L.*) to repeated application of sewage sludge in sod-podzolic soil

Option	Root length		Shoot height	
	min-max, cm	Variation coefficient, %	min-max, cm	Variation coefficient , %
1. Without fertilizers - control	2,40-2,55	3,90	1,97-2,15	2,70
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	2,34-2,39	3,41	1,84-1,97	2,31
3. SS 40 t/ha	2,28-2,49	3,03	1,69-1,89	2,11
4. SS 60 t/ha	2,25-2,39	2,86	1,69-1,81	1,69
5. SS 80 t/ha	2,18-2,35	2,81	1,65-1,77	1,65
6. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha	2,37-2,48	3,00	1,72-1,98	1,69
7 Compost (SS+ straw (3:1)) – 20 t/ha	2,40-2,51	3,10	1,79-1,99	1,80
8. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha	2,39-2,46	3,21	1,80-1,90	1,73
9. Compost (SS + straw (3:1)) – 60 t/ha	2,36-2,47	2,89	1,75-1,84	1,70
10. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha	2,37-2,43	2,94	1,81-1,94	1,80

Plants are the primary links of trophic chains, play an important role in absorbing various pollutants and are constantly affected by them due to their fixation on the substrate. That is why plants are considered the most convenient objects for soil biomonitoring [196]. Soil toxicity was determined by the method of Grodzinsky [195]. Common flax (*Linum usitatissimum L.*), annual sunflower (*Helianthus annuus L.*) and watercress (*Lepidium sativum L.*) were used as test crops. On the basis of the conducted

studies, the ambiguity of various types of plants on the test - reaction was revealed (Table 3, Table 4).

A high sensitivity to the effect of SS as a soil pollutant was established: the root length and shoot height of common flax was 2.18-2.35 cm and 1.65-1.77 cm, respectively. The coefficient of variation of morphological indicators was about 2.81% for root length and 1.65% for shoot height.

Table 4

**Levels of toxicity of sod-podzolic soil with repeated application
of sewage sludge, %**

Option	Phytotoxic effect for:			Level of toxicity
	ordinary flax	annual sunflower	watercress	
1. Without fertilizers - control	19	18	20	weak
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	26	24	29	average
3. SS 40 t/ha	41	40	41	above average
4. SS 60 t/ha	42	41	42	above average
5. SS 80 t/ha	44	41	43	above average
6. Compost (SS + sawdust (3:1)) – 60 t/ha	39	38	38	average
7. Compost (SS+ straw (3:1)) – 20 t/ha	34	34	34	average
8. Compost (SS + straw (3:1)) – 40 t/ha	36	36	36	average
9. Compost (SS + straw (3:1)) – 60 t/ha	38	39	36	average
10. Compost (SS + straw (3:1) + cement dust 10%) – 40 t/ha	37	38	39	average
LSD ₀₅	1,6	1,2	1,7	

The length of the root and the height of the shoot of the annual sunflower were 3.12 - 3.17 cm and 1.45 - 1.57 cm, respectively. The coefficient of variation of morphological indicators for sunflower was about 7.7% for root length and 2.1% for shoot height (Table 6.4).

The control variant for annual sunflower and watercress had the following results: root length 3.90–4.41 cm and 2.93 – 3.06 cm, respectively, shoot height 1.59–1.70 cm and 1.01–1,12 cm respectively.

The coefficient of variation of morphological indicators of annual sunflower and watercress was about 8.86 and 2.31% for root length and 2.31 and 2.51% for shoot height. The conducted soil analysis shows that the levels of inhibition of the growth processes of phytoindicators in the test options for the application of composts (options 6 - 10), although they range from 34 to 39% for common flax, annual sunflower and watercress, they determine the toxicity of the samples soil at the "average" level. In soil samples, with the introduction of SS at a dose of 40 – 80 t/ha, the toxicity of the soil was noted within the limits of the "above average" level.

SS and composts based on it significantly influenced the content of heavy metals and the agroecological condition of sod-podzolic soil. Under their influence, the following patterns appear:

– the content of mobile forms of heavy metals in the soil increases with the introduction of sewage sludge compared to the control without fertilizers. In particular, mobile forms of cobalt - by 0.24 – 0.60, nickel - by 0.19 – 0.34, cadmium - by 0.29 – 0.56, lead - by 0.24 – 0.51 mg/kg soil. The highest doses of sewage sludge application do not lead to the accumulation of gross and mobile forms of heavy metals in the soil in volumes exceeding the maximum permissible reaction, but provide the highest share of mobile forms of heavy metals from their gross content, namely for lead – 10.8, cadmium - 19.7, nickel – 7.2 and cobalt – 12.1%;

- the use of composts based on sewage sludge contributed to a decrease in the absolute indicators of mobile forms of heavy metals, compared to the introduction of fresh sewage sludge and their share compared to the content of gross forms, which indicates a decrease in environmental threats due to its introduction in the form of composts;

- application of fertilizers activates the biological activity of sod-podzolic soil. The greatest positive effect on the biological activity of the soil (71% decomposition of linen fabric in three months of growing season) was provided by the application of composts based on sewage sludge and straw at a dose of 60 t/ha, and the highest degree of decomposition of linen fabric was noted in the upper (0 – 20 cm) layer soil

Application of mineral fertilizers does not significantly affect the indicator of biological activity of sod-podzolic soil;

- the intensity of suppression of growth processes of phytoindicators for common flax, annual sunflower and watercress determine the toxicity of the soil at the "average" level for the introduction of composts made on the basis of sewage sludge. With the introduction of sewage sludge at a dose of 40 – 80 t/ha, the toxicity of sod-podzolic soil is "above average" and ranges within 40% of the phytotoxic effect.

SECTION 4. INNOVATIVE TECHNOLOGIES

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.4.1

4.1 Сучасні технології підготовки мультимедійних творчих продуктів

Завдяки стрімкому розвитку технологій і доступності потужних інструментів, створення мультимедійних творчих продуктів стало доступним для широкого кола людей, включаючи професіоналів та аматорів.

Сучасні технології підготовки мультимедійних творчих продуктів надають безліч можливостей для творчості та самовираження. Це охоплює різноманітні формати, такі як відео, аудіо, графіка, анімація, веб-контент та інші. Технології обробки, редагування, компонування та взаємодії з медіаелементами дозволяють створювати вражаючі та інноваційні продукти.

Завдяки стрімкому розвитку технологій і доступності потужних інструментів, створення мультимедійних творчих продуктів стало доступним для широкого кола людей, включаючи професіоналів та аматорів.

Сучасні технології підготовки мультимедійних творчих продуктів надають безліч можливостей для творчості та самовираження. Це охоплює різноманітні формати, такі як відео, аудіо, графіка, анімація, веб-контент та інші. Технології обробки, редагування, компонування та взаємодії з медіаелементами дозволяють створювати вражаючі та інноваційні продукти.

В сучасному цифровому світі популярність мультимедійних творчих продуктів швидко зростає. Відео-контент, анімація, музичні відеокліпи, рекламні ролики та інші форми мультимедіа стають все більш популярними завдяки зростаючому інтернет-трафіку, соціальним медіа та платформам стрімінгового відео. Віртуальна реальність, розширена реальність та інші інноваційні технології також забезпечують нові можливості для створення унікальних мультимедійних досвідів.

Крім того, сучасні технології підготовки мультимедійних творчих продуктів відіграють важливу роль у бізнес-середовищі. Вони дозволяють

компаніям створювати ефективну рекламу, просувати свої продукти та послуги через відео-контент, створювати вражаючі презентації та мультимедійні матеріали для конференцій та подій.

Також варто відзначити, що розвиток сучасних технологій підготовки мультимедійних творчих продуктів дозволяє кожному користувачу стати творцем. Завдяки доступності програмного забезпечення та онлайн-ресурсів, будь-хто може навчитися створювати власні відео, музику, анімацію та інші мультимедійні продукти.

Узагалі, сучасні технології підготовки мультимедійних творчих продуктів є невід'ємною складовою сучасного цифрового світу. Вони надають безмежні можливості для творчого самовираження, комунікації, розваг та бізнесу. Зростання популярності мультимедійних форматів та залучення аудиторії до взаємодії з контентом робить цю тему дедалі більш актуальною і важливою для подальшого розвитку суспільства.

4.1.1 СУЧАСНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОПРАЦЮВАННЯ АУДІОВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

4.1.1.1 Мультимедійна програма створення та опрацювання аудіовізуальної інформації

Уперше термін "мультимедіа" з'явився у 1965 році й застосовувався для опису інноваційних театралізованих шоу Exploding Plastic Inevitable, які включали в себе різноманітні форми подачі інформації: слайди, кіно, відео-, аудіофрагменти, світлові ефекти та живу музику. Протягом 70-х та початку 80-х років ХХ століття мультимедіа почали розуміти як використання кількох проекторів для подачі статичних або динамічних зображень, які супроводжувалися звуком або живою музикою. Цей підхід дозволяв впливати на різні органи сприйняття людини та подавати інформацію в різних формах, візуальній та аудіальній, що створювало багатогранний емоційний вплив.

Протягом технічного та інформаційного розвитку суспільства поняття "мультимедіа" стало ще більш універсальним і має багато значень. Воно включає в себе використання різних медіаформатів, таких як текст, зображення, звук,

відео, анімація та інші, для створення багат шарових творчих продуктів. Мультимедіа використовується в різних сферах життя, включаючи освіту, розваги, маркетинг, медіа та багато інших. Це поняття постійно розширюється і еволюціонує, відображаючи нові можливості і технології, які з'являються на ринку.

Термін «мультимедіа» будемо розглядати його як інтерактивне середовище із можливістю комп'ютерної обробки і збереження цифрової інформації різних типів.

Процес становлення мультимедіа та мультимедійних технологій нерозривно пов'язаний із технологічним прогресом, тому зважаючи на нетривалу історію їх розвитку та відсутність у вітчизняній і зарубіжній педагогічній літературі науково обґрунтованої періодизації з цієї проблеми, вважаємо за доцільне запропонувати авторську класифікацію основних етапів еволюції мультимедійних технологій. Основними критеріями визначення етапів послугували: суспільний характер застосування мультимедійних технологій, їх масовість, наявність та розвиток якісно нових інтерактивних форм передачі інформації, етапи соціально-економічного та технічного розвитку суспільства.

Періодизацію основних етапів розвитку мультимедійних технологій наведено у дисертаційному дослідженні М. Ковальчук:

Семіотичний етап (1945-1970 рр.) є першим і найтривалішим етапом, який характеризується значним числом технічних проривів і винаходів, що відкрили шлях для розвитку мультимедійних технологій. У 1945 році американським ученим В. Бушем було створено перший прототип сучасного гіпертексту, який отримав назву "Мемех" (від англ. MEMory Extension - розширення пам'яті). Цей розробка базувалася на ідеї пошуку інформації за її змістом, що пізніше було інтегровано Дж. Моучлі та П. Екертом у створенні машини з програмним забезпеченням, яке зберігається в її пам'яті. Їхня ідея змінила принципи організації обчислень і підготувала ґрунт для появи сучасних мов програмування.

Проте, становлення мультимедіа та мультимедійних технологій було

демонстровано створенням першої логічної комп'ютерної гри "OXO" (хрестики-нулики) у 1952 році О. Дугласом для комп'ютера EDSAC. У цій грі використовувався дисковий номеронабирач для введення даних та матрична електронно-променева трубка для виведення результатів. Цей момент позначив початок інтересу до комп'ютера не лише у наукових колах, а й серед широкого загалу.

Наприклад, в 1956 році в Чикаго робочою групою фірми "Ампэкс" під керівництвом О. Понятового було розроблено відеомагнітофон, що відкрив нові можливості для запису звуку та зображення на магнітну стрічку. Також у 1957 році команда під керівництвом Р. Кершо при Національному бюро стандартів США створила барабанний сканер, що дозволяв отримувати цифрові фотографії та виводити їх на векторні дисплеї за допомогою графічної консолі.

Ці досягнення сприяли розвитку комп'ютерної мультиплікації, 3D та 4D технологій. Наприклад, у 1958 році Джоном Вітні та Солом Бассом було створено спірографічну заставку до фільму "Запаморочення" Альфреда Хічкока. У 1995 році М. Хейлінг зазначив про відродження 3D-фільмів та 3D-графіки, які можуть яскраво демонструвати візуальний світ з усією його красою за допомогою нових пристроїв. У 1962 році М. Хейлігом було створено прототип віртуального стимулятора під назвою Sensorama, який використовував технологію мультисенсорного занурення. Цей пристрій дозволяв глядачам рухати стілець відповідно до сценарію фільму, що показувався на екрані. У 1963 році Е. Сазерлендом була написана комп'ютерна програма під назвою "Альбом" для TX-2 комп'ютера, яка мала інтерфейс, схожий на сучасний. У 1968 році в СРСР був знятий перший мультфільм "Кішечка" з анімованим персонажем, створеним групою фахівців під керівництвом математика М. Константинова.

Цей семіотичний етап став основою для подальшого розвитку мультимедійних технологій, включаючи компоненти мультимедіа, такі як гіпертекст, анімація, зображення, відео та звук, а також різні напрями їх використання в науці, медицині, мистецтві, оборонній галузі та інших сферах.

На другому етапі, який називається *візуалізаційним* (1971-1979), відбулися

важливі інновації в галузі мультимедіа. Були розроблені різноманітні мультимедійні додатки, які почали застосовуватися в різних сферах життя і діяльності людини. У 1970-1971 роках були створені перші мультимедійні ефекти, які дозволяли одночасно відтворювати звук та графічну інформацію. З'явилися комп'ютерна графіка, що наближалася до реалізму. У 1972 році було розроблено перше тривимірне зображення "Фольксваген-жука", яке виглядало майже ідентично його фізичному оригіналу і було згенероване за допомогою комп'ютера. Також були запущені перші системи віддаленого доступу до електронних баз даних, а електронні каталоги художніх колекцій стали реалістичними візуалізаціями тривимірних об'єктів.

На цьому етапі були досягнуті такі основні результати розвитку мультимедійних технологій: зростання рівня інтерактивності, високий рівень інтеграції даних та спрощення процесу програмування для кінцевих користувачів, що призвело до створення інтерактивних операційних систем та структурованих мов програмування.

Третій (*мультиплікаційний*) етап розпочався наприкінці 80-х років ХХ століття. У цей період відбулося декілька ключових подій: офіційне представлення першого персонального комп'ютера на прес-конференції ІВМ у Нью-Йорку 12 серпня 1981 року; поява автоматизованих інформаційних систем; створення першого "мультимедійного" комп'ютера з графічним інтерфейсом "Macintosh" в 1984 році фірмою "Apple Computer"; з'явлення електронного телеграфу, мобільних телефонів, компресії даних MPEG, цифрового та супутникового телебачення DST (digital satellite television), DTT (digital terrestrial television) у 90-х роках, які стали реальністю на початку нового тисячоліття.

Як результат, завдяки розвитку мережевих операційних систем, засоби масової інформації (телекомунікації) перетворилися і перейшли на новий рівень - масове обслуговування суспільства у різних галузях, таких як освіта, медицина, культура, економіка, безпека тощо. Мультимедійні технології, які включають текст, графіку, оцифровану мову, звукозапис, фотографії, мультиплікацію, відеокліпи, стали доступними для користувачів з загальною комп'ютерною

підготовкою.

Четвертий етап розвитку мультимедійних технологій – *гіпермедійний*, який почався на початку 90-х років і триває до сьогодні, характеризується важливими подіями і досягненнями. Наприклад, у 1991 році компанією "Apple Computer" була представлена технологія "QuickTime", яка дозволяла переглядати рухомі зображення, або "цифрове відео", на комп'ютерному екрані разом із звуковим супроводом. Це відкриття дало поштовх активному розвитку мультимедіа, зокрема в галузі освіти.

У 1991 році Б. Беренфельдом (Росія) і Р. Тинкером (США) був запропонований перший мережевий курс з природознавства для старшої школи. Цей курс використовував потужності Інтернету для залучення учнів з різних країн до спільних дослідницьких проєктів. Інноваційна концепція ГлобалЛаб була успішно впроваджена в 600 школах 30 держав.

У 1995 році було прийнято стандарт MPC-3, який визначав мінімальну конфігурацію комп'ютера, здатного відтворювати мультимедіа. Це стандартизування сприяло інформатизації суспільства, розвитку цифрового контенту та гіпермедіа.

Ці мультимедійні технології поступово проникли в усі сфери людського життя і стали неодмінною частиною нашого повсякденного існування. І. Вернер у своїй монографії відзначав, що технологія мультимедіа є однією з нових технологічних форм інформаційного суспільства, оскільки вона пропонує інтерактивну функціональність.

У систематизованому словнику-довіднику «Інформатика» на сайті Рубікону, мультимедіа-технологія визначається як комп'ютерна технологія, що дозволяє створення, збереження і відтворення різних видів інформації, включаючи текст, звук і графіку (включаючи рухомі зображення і анімацію).

На сьогоднішній день мультимедіа-технологія є однією з передових технологій, яка швидко розвивається. Це підтверджується великою кількістю компаній, технічних університетів і студій (таких як IBM, Apple, Microsoft, Philips, Sony, Intel і багатьох інших), які активно працюють над розробкою

мультимедіа різних сфер застосування, включаючи інтерактивні навчальні та інформаційні системи, комп'ютерне проектування і розваги.

Основні характеристики мультимедіа-технології включають: об'єднання різних компонентів (тексту, звуку, графіки, фото, відео, анімації) в однорідному цифровому форматі; забезпечення надійного і довговічного зберігання великих обсягів інформації без спотворень (гарантійний термін зберігання - десятки років); простота обробки інформації, яка охоплює як рутинні, так і творчі операції.

На сьогоднішній день фахівці, які працюють з різноманітною цифровою інформацією, мають доступ до багатьох універсальних та спеціалізованих комп'ютерних програм для захоплення, обробки та відтворення аудіо. Серед найпоширеніших програм можна відзначити наступні: Adobe Audition, Adobe Premiere, Adobe After Effects, Sony Vegas, Pinnacle Studio, Adobe Flash та інші.

Однією з видатних спеціалізованих програм є Adobe Audition. Ця програма володіє високою ефективністю в синтезуванні будь-яких програмованих звуків. Вона надає користувачам широкі можливості для обробки, редагування та створення аудіо, що робить її потужним інструментом для аудіопродакції.

Під мультимедійною технологією М. Ковальчук розуміє технологію, яка дозволяє за допомогою комп'ютера інтегрувати, зберігати, обробляти і водночас відтворювати різноманітні типи сигналів, різні середовища, засоби і способи обміну даними, відомостями.

Таким чином, існує розмаїття комп'ютерних програм, доступних сьогодні, що дозволяють фахівцям працювати з аудіо різного характеру. Ці програми надають зручні та потужні інструменти для обробки, зміни та створення звукового матеріалу, що відкриває безліч можливостей для творчості та професійної реалізації у сфері аудіо.

Протягом кількох десятиліть існують пристрої, які використовуються для запису та відтворення цифрових звуків. Однак, крім цієї важливої креативної функції, Adobe Audition надає потужні можливості:

- запис звуку в широкому діапазоні.

- конвертація цифрового аудіо в різноманітні аудіоформати.
- стиснення та кодування аудіо.
- технічна попередня обробка звуку, така як кліпування, різання, скорочення аудіорядів.
- творча обробка звуку, включаючи монтаж, синхронізацію кількох аудіорядів та інші операції, для перетворення звуку з одного формату в інший.

Adobe Audition забезпечує широкі можливості для редагування та опрацювання аудіо, незалежно від формату, що дозволяє користувачам творчо використовувати звук та досягати високоякісних результатів.

Однією з популярних мультимедійних програм для створення та опрацювання аудіовізуальної інформації є Adobe Creative Suite. Ця програма надає різноманітні інструменти та можливості для редагування, компонування та обробки мультимедійних елементів, таких як аудіо, відео, графіка та текст.

Завдяки Adobe Creative Suite можна створювати професійні мультимедійні продукти, такі як рекламні відеоролики, музичні відеокліпи, анімаційні фільми, інтерактивні презентації та багато іншого. Програма включає різні компоненти, такі як Adobe Premiere Pro для відеоредагування, Adobe After Effects для створення спеціальних ефектів та анімації, Adobe Audition для обробки звуку, Adobe Photoshop та Illustrator для графічного дизайну, а також інші інструменти для творчої роботи з медіа.

Ця мультимедійна програма дозволяє інтегрувати різні медіаелементи в один проект, забезпечуючи їх синхронізацію та взаємодію. Користувачі можуть редагувати аудіо, налаштовувати звукові ефекти, додавати відеокліпи, анімацію та графіку, а також редагувати та стилізувати текстові елементи. Програма також підтримує різні формати відео та аудіо, що дає можливість працювати з різними типами медіафайлів.

Adobe Creative Suite є потужним інструментом для створення високоякісної аудіовізуальної інформації, незалежно від мети або галузі застосування. Вона дозволяє творчим професіоналам виявити свою креативність та реалізувати свої ідеї з використанням різноманітних ефектів, фільтрів та

інструментів. Наприклад, програма дозволяє застосовувати кольорову корекцію та кольорові фільтри до відео, що дозволяє змінювати настрій та атмосферу зображення. Крім того, можна додавати переходи, включаючи зміну кадрів, розтягування, згортання та інші ефекти, які допомагають зробити перехід між сценами плавним та професійним.

Програма також підтримує роботу з звуком, дозволяючи змінювати гучність, додавати аудіо ефекти та підтримує роботу з багатоканальним аудіо. Крім того, можна синхронізувати аудіо з відео, регулювати швидкість відтворення та змінювати темп медіафайлів.

Програми для створення та опрацювання аудіовізуальної інформації також забезпечують можливість імпорту та експорту різних форматів файлів, що дозволяє працювати зі змішаним контентом та співпрацювати з іншими програмами та платформами. Деякі програми також надають зручний інтерфейс та навігацію, що спрощує процес роботи з медіафайлами та редагуванням.

4.1.1.2 Сучасні мультимедійні системи та засоби відтворення аудіовізуальної інформації

У сучасній епосі цифрового маркетингу виникають нові інструменти просування, які вимагають адекватних підходів і методик, що відповідають вимогам економіки. Співпраця між маркетологами та розробниками мультимедійних електронних продуктів є ключовим фактором при створенні рекламних матеріалів, а чим тісніша ця співпраця і взаєморозуміння, тим кращі будуть кінцеві результати. З розвитком інтернет-технологій для сучасного суспільства є нормою, таким чином віртуальне середовище використовується для комунікації, розваг та укладання угод, а межі між фізичною й віртуальною реальністю затираються. Інтернет-технології все більше проникають у наше повсякденне життя, відіграючи важливу роль у процесах комунікації.

На нашу думку, рекламний мультимедійний продукт повинен використовувати конвергенцію підходів face-to-face і screen-to-screen. Термін "конвергенція" означає злиття і стирання кордонів. Вважаємо, що процес

сприйняття мультимедійного продукту в режимі screen-to-screen повинен наближати користувача до відчуттів взаємодії зі співрозмовником в режимі face-to-face.

Використовуючи теорію маркетингу вражень, вважаємо за необхідне створювати враження у користувача під час сприйняття рекламного мультимедійного продукту. Враження створюють сприятливе середовище для досягнення кінцевої мети розробника, такої як продаж товару, послуги, поширення інформації про підприємство, збільшення лояльності тощо.

Застосовуючи метод аналогій, можемо розглянути процес сприйняття мультимедійного продукту користувачем, якщо комунікація відбувалася на рівні людина-людина, а не людина-машина.

Модель процесу сприйняття рекламного мультимедійного продукту користувачем на основі конвергенції підходів face-to-face і screen-to-screen можна представити у вигляді вузькуючої воронки. Це пояснюється тим, що не кожен мультимедійний продукт може вразити користувача. Формування враження можливе лише в разі збігу контенту з віртуальними цінностями користувача та при високій якості мультимедійного продукту.

Мультимедійний продукт можна розглядати як засіб передачі контенту від розробника до користувача. Процес сприйняття мультимедійного продукту користувачем є суб'єктивним і заснованим на віртуальних цінностях. Віртуальні цінності визначаються як "такі цінності, які не лише актуалізуються через 'віртуальну реальність', але й є основними для культури 'віртуальної реальності', що виникають зі взаємодії в особливому віртуальному середовищі".

У зв'язку з цим розробка та рекламування мультимедійного продукту потрібно здійснювати, враховуючи ці віртуальні цінності. У сфері відео-арту та відеодизайну, мультимедійна система має ще більш широкий спектр. Вона охоплює не лише аудіо, але й відео, графіку, анімацію, спеціальні ефекти та інші елементи, які комбінуються для створення унікальних аудіовізуальних проєктів. Відеодизайнер може працювати з різними типами медіа, такими як фільми, музичні відеокліпи, рекламні ролики, мультимедійні інсталяції та інші форми

візуального вираження. Він використовує різні програми та інструменти для редагування, композитингу, обробки звуку та відео, створення ефектів та анімації, а також для синхронізації різних елементів у мультимедійних проектах.

Мультимедійна система в бізнесі може мати ширший зміст, ніж просто аудіосистема. Вона може включати різні компоненти, які допомагають створити цілісний аудіовізуальний досвід. Наприклад, вона може включати в себе проектори, дисплеї, аудіосистеми, комп'ютери, програмне забезпечення для обробки відео та звуку, а також мережеві пристрої для передачі даних. У такій системі бізнес може використовувати мультимедійні презентації, відеоконференції, цифрові рекламні екрани та інші засоби для залучення уваги клієнтів та сприяння ефективному комунікації.

Таким чином, в контексті відео-арту та відеодизайну, мультимедійна система описує широкий спектр засобів, інструментів та технологій, які використовуються для інтеграції різних типів медіа, таких як аудіо, відео, графіка та текст, в одну цілісну аудіовізуальну презентацію або проект. Використання мультимедійних систем у відео-арті та відеодизайні дозволяє створювати незвичайні, креативні та вражаючі візуальні ефекти, які можуть емоційно вплинути на глядачів та передати певну повідомлення або настрої.

Мультимедійні системи включають в себе різноманітні програмні інструменти, які дозволяють редагувати відео, обробляти звук, створювати анімацію та спеціальні ефекти, а також додавати графічні елементи та текст. Наприклад, популярними програмами для редагування відео є Adobe Premiere Pro, Final Cut Pro, Sony Vegas та інші. Для створення графічних ефектів та анімації використовуються програми, такі як Adobe After Effects, Cinema 4D, Blender та інші. Крім того, існує також широкий вибір аудіоредакторів, звукових ефектів та семплерів, які дозволяють створювати та обробляти звукові композиції.

Мультимедійні системи можуть бути використані у різних сферах, таких як кіноіндустрія, реклама, музика, відеоігри, музеї та виставкові простори. Вони дозволяють творчим професіоналам відтворювати свої ідеї та концепції в

яскравий та вражаючий спосіб, створюючи унікальні мультимедійні візуальні досвіди для аудиторії. Крім того, з розвитком технологій, таких як віртуальна та доповнена реальність, мультимедійні системи стають сьогодні ще більш потужними та розширеними.

Сучасні мультимедійні системи та засоби відтворення аудіовізуальної інформації надають незрівнянні можливості для сприйняття та насолоди візуальним та аудіо контентом. Ось декілька з них:

Комп'ютери та ноутбуки. Сучасні комп'ютери та ноутбуки мають потужну апаратну та програмну базу, що дозволяє відтворювати високоякісне відео та аудіо. Вони підтримують різні формати відео, включаючи HD і 4K, та аудіоформати зі стерео до просторового звучання.

Смартфони та планшети. Смартфони та планшети стали популярними пристроями для споживання мультимедійного контенту. Вони мають яскраві дисплеї високої роздільної здатності та підтримують різноманітні мультимедійні формати. Крім того, вони часто мають вбудовані динаміки або підтримують підключення до зовнішніх аудіосистем.

Телевізори та медіаплеєри. Сучасні телевізори мають вбудовані медіаплеєри та підтримують велику кількість мультимедійних форматів. Вони забезпечують відтворення відео високої якості, підтримують технології HDR (High Dynamic Range) та забезпечують багатоканальний звук з підтримкою систем звукового простору.

Стрімінгові сервіси. Платформи стрімінгового відео, такі як Netflix, YouTube, Amazon Prime Video та інші, надають доступ до великого обсягу аудіовізуального контенту. Ці сервіси підтримують відтворення відео різної якості, звукових доріжок і мають функціонал для синхронізації аудіо та відео. Крім того, вони часто надають можливість встановлювати якість відео та аудіо залежно від доступної швидкості Інтернету.

Аудіосистеми та динаміки. Для насолоди аудіовізуальним контентом важливо мати якісну аудіосистему або динаміки. Сучасні аудіосистеми можуть забезпечити просторове звучання, підсилювачі надають потужний звук, а

бездротові системи дозволяють розмістити динаміки в будь-якому місці приміщення.

Віртуальна реальність (VR) та розширена реальність (AR). VR- та AR-технології відкривають нові можливості для інтеграції аудіовізуального контенту у віртуальному або розширеному світі. За допомогою спеціального обладнання, такого як навушники VR або AR-окуляри, користувач може переживати іммерсивний аудіовізуальний досвід, взаємодіючи з віртуальними об'єктами та звуковими ефектами.

Ці сучасні мультимедійні системи та засоби надають розмаїття варіантів для сприйняття аудіовізуальної інформації. Вони дозволяють насолоджуватися якісним відео та аудіо контентом в різних контекстах, включаючи домашні умови, кінотеатри, мультимедійні виставки та інші події.

4.1.1.3 Сучасні мультимедійні середовища інтеграції аудіовізуальної інформації

Мультимедійним середовищем інтеграції аудіовізуальної інформації фахівці сьогодні називають таку комп'ютерно-програмну систему, яка дозволяє по-перше, підтримувати творчі процеси синхронізації цифрового аудіо/відео, по-друге, забезпечує одночасне використання та опрацювання багатьох цифрових відеорядів, аудіорядів, графічних зображень та тексту.

До стандартних мультимедійних середовищ інтеграції аудіовізуальної інформації фахівці відносять програмні системи всесвітньо відомих компаній Corel, Autodesk. При цьому, в першу чергу, виділяють такі мультимедійні середовища як AdobePremier та Adobe AfterEffects.

Близьким синонімом процесу інтеграції цифрових відеорядів, аудіорядів, графічних зображень та тексту в мультимедійних середовищах можна вважати поняття "композитинг у відеодизайні". Композитинг охоплює процес об'єднання різних елементів в одну візуальну композицію з метою створення здорової та злагодженої аудіовізуальної інформації.

Композитинг у відеодизайні використовується для створення динамічних

композицій, що об'єднують різні елементи, такі як відео, аудіо, графічні ефекти, текст та інші, у єдину цілісну сцену. Цей процес вимагає вміння керувати та розташовувати різні шари та елементи відповідно до заданого замовлення та естетичних принципів.

Однак, поняття "композитинг у відеодизайні" частіше асоціюється з динамічними композиціями, що створюються для відео-продуктів, наприклад, для фільмів, рекламних роликів або музичних відеокліпів. Таким чином, "композитинг у відеодизайні" можна розглядати як більш вузьке поняття, ніж загальна інтеграція аудіовізуальної інформації, оскільки воно більш специфічно відноситься до створення динамічних відео-композицій.

Окрім композитингу, інтеграція аудіовізуальної інформації в мультимедійних середовищах також включає наступні аспекти:

Монтаж відео – це процес обробки і з'єднання різних відеофрагментів в послідовність для створення плавного переходу між ними. Монтаж дозволяє створити зв'язну історію, розташовуючи відеофрагменти в потрібній послідовності і визначаючи тривалість кожного фрагменту.

Обробка звуку – для досягнення якісного аудіовізуального досвіду необхідно обробляти звукові елементи. Це включає регулювання гучності, додавання ефектів звуку, таких як ехо або реверберація, та синхронізацію звуку з відео.

Візуальні ефекти – додавання візуальних ефектів може покращити відео, надаючи йому креативність та естетичний вигляд. Це можуть бути ефекти переходу між кадрами, кольорові фільтри, анімація, рухомі графічні елементи та багато інших.

Графічний дизайн та текст – додавання графічних елементів, таких як заголовки, підписи, банери або інфографіка, може надати інформації контекст та зрозумілість. Ці елементи можуть бути статичними або анімованими, і їх розташування та дизайн важливі для візуальної привабливості та ефективного сприйняття.

Синхронізація – це процес вирівнювання аудіо та відео елементів таким

чином, щоб вони співвідносилися один з одним.

Сучасні мультимедійні середовища надають широкі можливості для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації. Ось декілька з них:

Adobe Creative Cloud є комплексом програм, які дозволяють інтегрувати різні аспекти аудіо, відео та графіки. Програми, такі як Adobe Premiere Pro, Adobe After Effects, Adobe Audition, Adobe Photoshop і багато інших, дозволяють працювати з різними типами мультимедійного контенту та ефективно взаємодіяти між ними.

Apple Final Cut Pro є професійною програмою для монтажу відео, яка дозволяє інтегрувати аудіо та відео, використовуючи різні шари, ефекти та інструменти. Вона підтримує роботу з різними форматами відео та аудіо і має широкі можливості для налаштування звуку та відео.

Avid Media Composer є інтегрованою системою для відеомонтажу, яка дозволяє працювати з аудіо та відео, синхронізувати їх, застосовувати ефекти та обробляти звук. Вона підтримує велику кількість форматів відео та аудіо і має потужні інструменти для редагування та налаштування звуку.

Davinci Resolve є комплексною програмою для кольорокорекції, монтажу та обробки відео, яка також має функції для роботи з аудіо. Вона дозволяє інтегрувати аудіо та відео, налаштовувати звукові ефекти, змінювати гучність та інші параметри звуку.

Unity є популярною платформою для розробки відеоігор та інтерактивних додатків. Вона дозволяє інтегрувати аудіо та візуальну інформацію, створюючи ігрові сцени, анімацію та спеціальні ефекти. Unity має вбудовані інструменти для обробки звуку, синхронізації звуку з візуальними подіями та створення інтерактивних звукових ефектів. Вона дозволяє імпортувати аудіофайли, налаштовувати гучність, просторові ефекти та інші параметри звуку, щоб створити іммерсивне аудіовізуальне відчуття.

Web-технології. Сучасні веб-технології, такі як HTML5, CSS3 та JavaScript, також надають можливості для інтеграції аудіовізуальної інформації. За допомогою цих технологій можна вбудовувати аудіо та відео в веб-сторінки,

створювати анімацію та спеціальні ефекти, синхронізувати звук з візуальним вмістом та створювати інтерактивні веб-додатки з багатим мультимедійним досвідом.

Ці сучасні мультимедійні середовища надають широкі можливості для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації, що дозволяє створювати вражаючі, іммерсивні та інтерактивні мультимедійні твори. Вони широко використовуються у галузі розваг, реклами, освіти та інших сферах для створення високоякісних аудіовізуальних продуктів.

4.1.2 ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТВОРЧИХ ПРОДУКТІВ

4.1.2.1 Програма інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації Adobe Premier

Adobe Premiere - це програма для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації, що використовується для редагування відео. Вона є однією з найпопулярніших і професійних програм для монтажу та обробки відеоматеріалів.

Основні функції та можливості Adobe Premiere включають:

Монтаж відео. Premiere надає широкі можливості для монтажу відео. У ній можна обрізати, з'єднувати, переміщувати та розташовувати кліпи на таймлайні, щоб створити потрібну структуру вашого проекту. Також є можливість застосовувати переходи між кліпами, змінювати швидкість відтворення, використовувати ефекти злиття, налаштовувати прозорість та багато іншого.

Обробка зображень. Premiere має інструменти для обробки зображень, такі як корекція кольору, налаштування яскравості, контрастності та насиченості. Можна застосовувати фільтри та ефекти до відео, щоб досягти певної естетики або створити спеціальні ефекти.

Звукова обробка. Premiere дозволяє редагувати аудіо в вашому відео. Можна обрізати, змінювати гучність, додавати звукові ефекти та музику,

синхронізувати аудіо з відео та багато іншого. Крім того, програма підтримує роботу з різними аудіоформатами та дозволяє налаштовувати параметри звуку для досягнення високої якості аудіопродукції.

Робота з форматами. Premiere підтримує широкий спектр відеоформатів, включаючи HD, 4K та навіть формати для кінемат ографічних проекторів. Це дозволяє вам працювати з різними типами відеоматеріалів і забезпечує гнучкість в редагуванні та експорті.

Колаборація та інтеграція. Premiere підтримує можливості колаборації, що дозволяє кільком користувачам працювати над проектом одночасно та обмінюватися матеріалами. Крім того, програма має інтеграцію з іншими програмами Adobe Creative Cloud, такими як Adobe After Effects, Adobe Photoshop та інші, що спрощує робочий процес та дозволяє безперервно переходити між різними програмами для редагування та створення мультимедійних продуктів.

Експорт та публікація. Premiere надає широкі можливості для експорту відео. Можна зберегти створені проекти в різних форматах відеофайлів, оптимізувати їх для різних платформ, таких як YouTube, Vimeo або соціальні мережі, і ділитися вашими роботами з аудиторією.

Adobe Premiere є потужним інструментом для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації, який дозволяє вам створювати професійні відеопродукти з різноманітними ефектами, переходами та обробкою звуку. Він широко використовується в індустрії кіно, телебачення, реклами та інших мультимедійних проектах для створення вражаючих творінь.

4.1.2.2 Програма інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації Adobe After Effects

Adobe After Effects - це програма для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації, що використовується для створення професійної анімації, візуальних ефектів, комбінування графіки та звуку. Вона входить в склад пакету програм Adobe Creative Cloud і має широкий спектр функцій і

інструментів для створення вражаючих мультимедійних продуктів.

Основні функції та можливості Adobe After Effects включають:

Анімація. After Effects надає розширені інструменти для створення рухомої графіки і анімації. Він підтримує ключові кадри, інтерполяцію руху, масштабування, обертання, зміну прозорості та інші ефекти, що дозволяють створювати складні анімаційні сцени.

Візуальні ефекти. Програма має велику бібліотеку вбудованих візуальних ефектів, таких як покадрові ефекти, фільтри, кольорові корекції, зміна форми та багато іншого. Крім того, вона підтримує можливість створення власних ефектів за допомогою мови програмування Expression, що дає велику гнучкість та креативність.

Композиція. After Effects дозволяє комбінувати різні елементи, такі як текст, зображення, відео та аудіо, для створення складних мультимедійних композицій. Він має шарову структуру, що дозволяє точно контролювати розташування, прозорість, порядок та інші властивості кожного шару.

Синхронізація звуку. After Effects підтримує імпорт аудіофайлів та синхронізацію їх з відео. Це дозволяє точно налаштовувати звукову доріжку під час анімації та візуальних ефектів. Можна додавати звукові ефекти, музику, голосові коментарі та інші аудіоелементи до своїх проектів, змінювати гучність, робити затухання і інші зміни, щоб створити потрібну атмосферу та ефект.

Трекінг руху: After Effects має вбудований інструмент трекінгу руху, який дозволяє відстежувати рух об'єктів у відео. Це корисно для створення візуальних ефектів, які пов'язані з рухом камери або об'єктів, таких як відстеження тексту, вставка графіки в рухоме відео і т.д.

Інтеграція з іншими програмами Adobe. After Effects добре інтегрується з іншими програмами Adobe, такими як Adobe Premiere Pro для зручного обміну проектами та редагування відео, Adobe Photoshop для обробки графічних елементів та Adobe Illustrator для імпорту векторних зображень.

Плагіни та розширення. After Effects підтримує велику кількість плагінів та розширень, які розширюють його можливості. Ці додатки можуть додавати

нові фільтри, ефекти, інструменти та інші функції, щоб працювати з After Effects більш ефективно та креативно.

Adobe After Effects - потужний інструмент для інтеграції та синхронізації аудіовізуальної інформації, який дозволяє створювати професійну анімацію та візуальні ефекти. Він широко використовується в індустрії мультимедіа, реклами, кіно та телебачення для створення захоплюючих та вражаючих візуальних ефектів. За допомогою After Effects можна створювати анімаційні заголовки, переходи, ефекти злиття, розриву або експлозії, реалістичні 3D-сцени, ефекти руху камери та багато іншого.

Крім того, After Effects дозволяє працювати з розширеними форматами файлів, такими як CinemaDNG, OpenEXR та інші, що забезпечує високу якість і гнучкість обробки мультимедійного матеріалу.

Загальний робочий процес в After Effects включає імпорт відео та зображень, створення композиції, застосування ефектів та анімації, налаштування звуку, рендеринг та експорт готового продукту. Програма надає велику свободу творчості та можливості для експериментів з візуальними ефектами та стилістикою.

Adobe After Effects є популярним інструментом у галузі мультимедіа та дизайну, який використовується професіоналами для створення вражаючих анімаційних та візуальних ефектів в різних мультимедійних проектах, включаючи рекламні ролики, музичні відео, фільми, телевізійні шоу та інше.

4.1.2.3 Використання веб-технологій для підготовки мультимедійних творчих продуктів

Важним аспектом, пов'язаним зі створенням програм віртуальної реальності, що відноситься до сфери штучного інтелекту, є "образне мислення". Цікавим є тлумачення трьох завдань, які виникають перед комп'ютерною графікою і які були сформульовані Д. Поспеловим щодо мультимедійного зображення:

- 1) створення мультимедійних моделей представлення знань, яке повинно

дозволяти створювати зображення моделей як об'єктів для логічного мислення, а також як образів мультимедійних картин, якими оперує образне мислення;

2) візуалізація людських знань, які неможливо передати текстовим або аудіоописом;

3) пошук шляхів переходу від мультимедійних образів-малюнків до формулювання гіпотези про механізми та процеси, які приховані за динамікою образу-малюнку.

На сьогоднішній день використання Інтернет-ресурсів широко застосовується і є одним з основних джерел надання користувачу різноманітної інформації з будь-якої сфери діяльності. Тому використання широкого спектра можливостей мультимедійних систем є важливим для розробників веб-сторінок. Один з головних критеріїв для створення якісного веб-сайту з мультимедійним контентом - це використання відповідних графічних можливостей для створення привабливого дизайну та наочного відображення інформації, що надається сторінкою в Інтернеті.

Розширення можливостей представлення та сприйняття інформації набуває все більшої значимості в сучасному інформаційному суспільстві. Мультимедіа виступає як ефективна технологія, оскільки поєднує в собі інтерактивність, гнучкість та інтеграцію різних типів інформації. Науково-прикладна проблема полягає у розробці методів та інструментів, які покращують ефективність сприйняття мультимедійних інформаційних продуктів. Цей напрямок досліджень є актуальним у галузі комп'ютерних наук, оскільки він відображається у зростаючій популярності, конкурентоспроможності, економічній вигідності та стійкості до небажаних впливів.

Для створення будь-якої мультимедійної системи необхідний наявний мультимедійний вміст. Статичний контент, такий як електронні книги, можна розглядати як форму мультимедіа, коли включає фотографії та елементи інтерактивної взаємодії з користувачем. У мультимедійному середовищі відео часто використовується для презентації особливим способом, розрізняючи рух фотографій від анімації, яка керує рухом зображень. В електронних виданнях

образотворчого мистецтва, наприклад, можуть бути зв'язки між ключовими елементами музичного твору і фільму, або зміни теми за допомогою анімаційних технологій.

Мультимедійні системи можна розділити на лінійні та нелінійні. Лінійні системи активного вмісту працюють без навігаційного контролю, наприклад, кінодокументи або не керовані презентації. Нелінійні системи включають елементи інтерактивності для контролю над процесом роботи, що часто використовується у комп'ютерних іграх та навчальних комплексах, а гіпермедіа є прикладом нелінійного контенту. У мультимедійних презентаціях системи навігації забезпечують інтерактивне керування відображенням інформації. Інтерактивність може бути результатом взаємодії з ведучим або виконавцем.

Одним з ключових аспектів у сфері освіти, зокрема вищої освіти, стає ідея конвергенції різних типів інформації. Це означає поєднання окремих технологій і компонентів, таких як голос (телефонія), дані (продуктивність додатків) і відео, що спільно використовують ресурси і взаємодіють між собою. Цей підхід сприяє створенню нових засобів і змінює специфіку подання навчального матеріалу у вузах по всьому світу.

Технології підготовки мультимедійних творчих продуктів з використанням веб зробили великий прорив у сфері творчості, дозволяючи користувачам створювати і ділитися своїми творами в Інтернеті. Такі технології надають багато можливостей для створення інтерактивних, захоплюючих і естетично привабливих мультимедійних вмістів, таких як веб-сайти, веб-додатки, відео, анімація, музика та інше.

Ось деякі ключові веб-технології, які використовуються для підготовки мультимедійних творчих продуктів з використанням:

HTML (HyperText Markup Language). HTML є основним будівельним блоком веб-сторінок. Він використовується для створення структури та розмітки веб-сторінок, включаючи текст, зображення, відео, аудіо та інші елементи.

CSS (Cascading Style Sheets). CSS використовується для стилізації та оформлення веб-сторінок. Він дозволяє задавати кольори, шрифти, розміри,

розташування елементів та інші візуальні атрибути, що допомагають створити привабливий дизайн.

JavaScript. JavaScript є мовою програмування, яка дозволяє додавати інтерактивність до веб-сторінок. За допомогою JavaScript можна створювати анімацію, взаємодію з користувачем, валідувати форми, завантажувати динамічний контент і багато іншого.

Графічні редактори. Для створення графічних елементів, таких як зображення, ілюстрації, логотипи, можна використовувати графічні редактори, наприклад Adobe Photoshop, GIMP або Canva. Вони дозволяють створювати та редагувати графічний контент, надаючи можливість вибору кольорів, додавання ефектів, роботу з шарами та багато іншого.

Відео- та аудіоредактори. Для створення і редагування відео та аудіо використовуються спеціалізовані програми, такі як Adobe Premiere Pro, Final Cut Pro або Audacity. Ці редактори дозволяють змонтувати відео, додавати ефекти, обробляти звук, налаштовувати звукову доріжку та багато іншого.

Веб-фреймворки та бібліотеки. Існує багато веб-фреймворків та бібліотек, які спрощують розробку мультимедійних творчих продуктів. Наприклад, фреймворки, такі як React, Angular або Vue.js, дозволяють створювати складні веб-додатки з використанням компонентної архітектури. Бібліотеки, такі як D3.js або Three.js, надають потужні інструменти для створення діаграм, графіків, 3D-моделей та інших візуальних ефектів.

Хмарні сервіси. Хмарні сервіси, такі як Dropbox, Google Drive або Amazon S3, дозволяють зберігати та розповсюджувати мультимедійні творчі продукти. Вони забезпечують легкий доступ до файлів з будь-якого пристрою та спрощують спільну роботу над проектами з командою.

Ці технології спільно працюють, щоб допомогти користувачам створювати вражаючі мультимедійні творчі продукти з використанням веб. Вони дозволяють комбінувати текст, зображення, відео, аудіо та інші елементи, створюючи динамічні, інтерактивні та захоплюючі веб- сторінки, додатки або інші мультимедійні твори.

За допомогою цих технологій можна створювати веб-сайти з привабливим дизайном, використовуючи HTML для структури та CSS для стилізації. Додавання JavaScript дозволяє створювати інтерактивні елементи, такі як анімація, слайдери, форми валідації та інші.

Також технології веб дозволяють вбудовувати відео та аудіо елементи в веб-сторінки за допомогою HTML5 тегів, або використовувати спеціалізовані плеєри та бібліотеки для відтворення мультимедійного контенту.

У сучасному мультимедійному просторі існує велика кількість доступної інформації, але легко заблукати серед цього обсягу. Для забезпечення користувачам доступу до якісних мультимедійних продуктів необхідно ретельно розробити структуру їхнього інтерфейсу. Важливо забезпечити користувачеві швидкий доступ до ключових елементів інформації, щоб він міг швидко зорієнтуватись та знайти потрібну інформацію.

Зараз значна кількість часу витрачається на розробку різноманітних мультимедійних продуктів, особливо коли мова йде про створення комп'ютерних енциклопедій, електронних підручників, розважальних та пізнавальних програм. Таким чином, мультимедійний продукт, це перш за все, це програмний продукт, який надає користувачу інтерактивний та діалоговий режим роботи, передбачаючи обмін командами між людиною та комп'ютером. Мультимедійний продукт включає можливість взаємодії з користувачем, де він може вводити команди, взаємодіяти з візуальними елементами, звуком або відео.

Інтерфейс мультимедійного продукту має створювати зв'язок між користувачем та комп'ютером і дозволяти вирішувати питання, які ставить користувач.

Сучасні тенденції в структурі інтерфейсу мультимедійних продуктів відображаються через систематичне розташування його складових елементів з використанням умовних позначень, таких як символи та іконки. Це допомагає зацікавити користувача та максимально використовувати ресурси продукту завдяки правильно структурованому інтерфейсу та ефективній подачі інформації.

При створенні інтерфейсу мультимедійного продукту велику роль відіграють такі фактори, як розмір і розташування тексту, щільність тексту, використання кольорів (їх кількість та яскравість), виділення елементів за допомогою підсвічування, підкреслення або рамок, а також інші деталі. Оптимальне розташування цих елементів на екрані дозволяє створити якісний інтерфейс мультимедійного продукту.

SECTION 5. MECHANICAL ENGINEERING

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.5.1

5.1 Дослідження впливу параметрів посадки з натягом на її якісний вибір у системах автоматизованого проектування з'єднань

Перспективним напрямком розвитку сучасної машинобудівної галузі є підвищення якості виробів з урахуванням мінімальних витрат на процеси проектування, виготовлення й складання, експлуатації, ремонту та утилізації. Посадки з натягом по гладкій поверхні, що використовуються в конструкціях машин і механізмів (зокрема, військового призначення) набули широкого поширення завдяки можливості передавати різні за напрямком та великі за величиною навантаження.

Міцнісні вимоги до з'єднань деталей з натягом зазвичай забезпечуються нераціональним збільшенням габаритів вузла, застосуванням більш напружених посадок тощо. Процеси, що відбуваються у зоні контакту спряжених поверхонь деталей, а також впливи технологічних чинників на міцність з'єднань із натягом залишаються досі недостатньо вивченими. У такому разі під час розрахунку посадки частина факторів враховується, а іншу частину важко або неможливо спрогнозувати. Тому при дослідженнях відповідальних з'єднань слід виконувати вибірккову експериментальну перевірку та вносити можливі кореляції під час проектування, що пов'язано з випадковим характером величини натягу в посадці. Забезпечення відповідної якості деталей фрикційних з'єднань з натягом у відповідальних вузлах машин залежать насамперед від рівня автоматизації складального процесу.

Актуальним постає питання щодо розроблення універсальних та ефективних методів розрахунку при застосуванні автоматизованого проектування посадок з натягом з урахуванням технологічних умов забезпечення якості з'єднань, а також немалої кількості факторів, які впливають на процес складання з'єднань. До зазначених факторів відносяться вибір і розрахунок геометричних параметрів, конструктивні особливості й матеріали деталей, що

з'єднуються, технологічні умови обробки та адаптованість обладнання і інструментів до способу збирання у готовий виріб. При автоматизованому проектуванні посадок з натягом основна задача конструктора полягає у виборі раціонального інженерного рішення зі скінченної множини допустимих. При цьому пошук ефективного поєднання значень варіюваних геометричних параметрів (діаметр і робоча довжина посадкового з'єднання) є досить актуальним і визначальним чинником.

Метою представленої наукової роботи є чисельно аналітичне дослідження та аналіз комплексного взаємовпливу окремих параметрів посадки з натягом на її якісний вибір у системах автоматизованого проектування на основі математичного моделювання із застосуванням апарату теорії R -функцій [205–207].

В результаті проведених авторами досліджень [208–212] запропоновано принципово новий комплексний метод вибору раціонального проектного рішення при проектуванні посадок з натягом зубчастого вінця на маточину колеса по гладким циліндричним поверхням з'єднання деталей, навантажених обертальним моментом для випадку термічного способу складання. Комплексний метод, що пропонується у даній роботі та реалізований у вигляді авторської комп'ютерної програми Interference Fit [213], розроблено на основі аналізу результатів розрахунку з використанням математичного моделювання.

Дослідження конкретного з'єднання виконувалось для прикладу з наступними вихідними даними:

- матеріали з'єднання: охоплюваної деталі (вала) – Сталь 45Х; охоплювальної деталі (втулки) – Сталь 50;
- навантажувальні силові параметри: осьова сила $F_a = 1500$ Н ; обертальний момент $T = 2000$ Н · м;
- геометричні лінійні параметри: діаметр внутрішньої поверхні охоплюваної деталі (вала) $d_1 = 50$ мм ; умовний зовнішній діаметр охоплювальної деталі (втулки) $d_2 = 130$ мм.

Вихід за межі граничних максимальних значень питомого тиску [p_{\max}] і

натягу $[N_{\max}]$ на контактних поверхнях посадки може спричинити утворення тріщин найбільш слабкої деталі, що надалі призведе до її руйнування. Зазначені величини $[p_{\max}]$ і $[N_{\max}]$ суттєво залежать як від властивостей і характеристик матеріалів деталей, так і від геометричних параметрів (діаметр d і робоча довжина l посадкового з'єднання). Величини d і l можна задати у будь-якому діапазоні значень від 0 до ∞ , але в реальних умовах ці значення мають бути обумовлені з урахуванням усіх факторів обмеження, що забезпечать відповідну надійність, довговічність і роботоздатність деталей посадки з натягом. Розглянемо спочатку систематизацію факторів обмежень [208, 209] для параметрів d і l , яку має враховувати структура і зміст авторської комп'ютерної програми Interference Fit. Ця обставина потрібна для формулювання визначального критерія щодо призначення раціонального сполучення діаметра і робочої довжини посадкового з'єднання.

Для забезпечення необхідної жорсткості й відповідної міцності для гладкого з'єднання недопустимою є ситуація, коли діаметр d посадкового з'єднання дорівнює граничним умовним значенням діаметрів втулки і вала ($d = d_1$ та $d = d_2$). В цьому випадку рекомендується приймати мінімальні товщини з'єднуємих деталей (охопленої і охоплювальної) від 7–10 мм (у деяких випадках від 15 мм) залежно від матеріалу, геометрії конструкції та інших факторів [208–210]. Враховуючи розглянуті умови обмеження приймаємо рекомендації щодо діапазону гранично прийнятних значень діаметра посадкового з'єднання:

$$(d_1 + 15) \leq d_i \leq (d_2 - 15), \quad (1)$$

де d_i – дискретне значення діаметра посадкового з'єднання;

$(d_1 + 15)$ і $(d_2 - 15)$ – відповідно мінімально і максимально рекомендовані граничні значення діаметра посадкового з'єднання для значення d_i .

Аналогічне обмеження стосується мінімально допустимого значення робочої довжини посадкового з'єднання l . При досить малій її величині (коли $l \rightarrow 0$) не буде стабільного з'єднання з натягом, оскільки граничні мінімальні допустимі значення питомого тиску $[p_{\min}]$ і натягу $[N_{\min}]$ будуть перевищувати максимальні за умовами міцності ($[p_{\min}] \geq [p_{\max}]$ і $[N_{\min}] \geq [N_{\max}]$) та в такому

випадку можливе руйнування найслабшої деталі посадки.

У міру збільшення при досягненні певного значення робочої довжини посадкового з'єднання, яке назвемо критичним $l_{кр}$, величини граничних мінімальних і максимальних допустимих значень питомого тиску і натягу стають рівними, тобто $N_{кр} = [N_{max}] = [N_{min}]$, $p_{кр} = [p_{max}] = [p_{min}]$. Параметр $l_{кр}$, як початкове мінімальне граничне обмеження робочої довжини, визначається залежністю [208, 209]:

$$l_{кр} = \frac{[p_{min}]_j}{[p_{max}]} l_j, \quad (2)$$

де $[p_{min}]_j$ – допустимий мінімальний питомий тиск у посадці для значення l_j ; l_j – дискретне значення робочої довжини посадкового з'єднання.

Що стосується максимально допустимого значення робочої довжини посадкового з'єднання l , то при подальшому зростанні довжини $l_j \rightarrow l_{max} = \infty$ діапазони граничних питомих контактних тисків $[p_{min}] \dots [p_{max}]$ і натягів $[N_{min}] \dots [N_{max}]$ поступово збільшуються, в границях яких також збільшується і кількість придатних стандартних посадок з натягом. В такому випадку у проектувальника з'являється можливість обрати одну посадку серед безлічі альтернативних, але доцільність такого з'єднання з робочою довжиною $l_j \rightarrow \infty$, як з економічної, так і з технологічної точок зору, не є ефективною. Таким чином, необхідно задати обмеження на максимальне значення робочої довжини посадкового з'єднання $l_{p_{max}}$, яке рекомендоване з конструкторсько-технологічних міркувань. Цю величину $l_{p_{max}}$ рекомендовано обчислювати [208, 209, 214] для деталей: зі сталі – $l_{p_{max}} \leq 4d^{0,7}$; з чавуну – $l_{p_{max}} \leq 1,25d$; з легких сплавів – $l_{p_{max}} \leq 1,5d$; при великих згинаючих навантаженнях і точному centruванні $l_{p_{max}} \leq (1,5-2)d$.

З урахуванням розглянутих умов обмеження щодо гранично рекомендованого діапазону значень робочої довжини посадкового з'єднання приймаємо наступні рекомендації:

$$l_{кр} \leq l_j \leq l_{p_{max}}. \quad (3)$$

Отже, при мінімальному значенні величини $l_{кр}$ забезпечується нерухомість посадки, а при максимальному рекомендованому $l_{p_{max}}$ – неруйнування посадки.

Дискретні значення d_i і l_j обираються, як правило, переважно зі стандартизованого параметричного ряду нормальних лінійних розмірів. Враховуючи прийняті фактори обмеження геометричних параметрів посадкового з'єднання у нашому дослідженні приймаємо сукупність значень [208–210]:

- діаметрів: $d_i = \{65, 75, 85, 95, 105, 115\}$ мм, що відповідає умові (1);
- робочих довжин: $l_j = \{40, 50, 60, 75, 90\}$ мм, що відповідає умові (3).

На основі аналізу результатів автоматизованого проектування посадок з натягом синтезована плоска математична модель області існування геометричних параметрів посадок (ОІГПП) (див. поз. 1 рис. 1), що побудована в координатних осях dl . Побудовані границі мінімально і максимально допустимих та рекомендованих геометричних значень з'єднання, котрими обмежується ОІГПП. В межі указаній моделі ОІГПП входить локалізована рекомендована область (ЛРО) у вигляді плоского образу $KLMN$ (див. поз. 2 рис. 1), яку позначимо Ω_{ld} . Проектувальнику слід знаходити раціональні значення геометричних параметрів з'єднання в границях Ω_{ld} з урахуванням факторів обмежень на d і l .

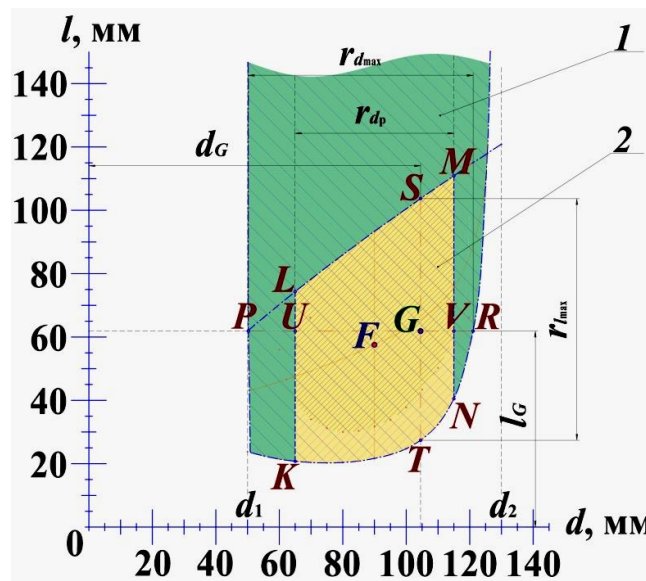


Рисунок 1. Форма граничних значень плоскої моделі ОІГПП і ЛРО

- 1 – форма граничних значень плоскої моделі ОІГПП;
- 2 – форма граничних значень плоского образу ЛРО

Основні величини і форма ЛРО, що належить ОІГПП, відповідають заданим умовам експлуатації, факторам обмеження і допустимим проектним рішенням, які аналітично описані за допомогою залежностей математичного апарату теорії R -функцій [205–207]:

$$\Omega_{ld} = \left[\left(\frac{l_{p\max} - l_{кр}}{2} \right)^2 - (l - l_F)^2 \right] \wedge_0 \left[\left(\frac{d_2 - d_1 - 30}{2} \right)^2 - (d - d_F)^2 \right] \wedge_0 \left[\left(\frac{l_{кр} - l_{p\max}}{2} \right)^2 - (l - l_F)^2 \right] \quad (4)$$

де \wedge_0 – символ R -кон'юнкції, який використовується для перетину множин;

d – змінна величина, аргумент функції координатної осі $0d$ (координата відліку значень діаметра посадкового з'єднання);

d_F – дійсна координата центру симетрії (точки F) геометричного образу ЛРО допустимих значень діапазону діаметра посадкового з'єднання;

$\left(\frac{d_2 - d_1 - 30}{2} \right)$ – симетрична вертикальна смуга, що є половиною діапазону допустимих значень діаметра посадкового з'єднання відносно точки F , що паралельна координатній осі $0l$ та перпендикулярна – $0d$;

l – змінна величина, аргумент функції координатної осі $0l$ (координата відліку значень робочої довжини посадкового з'єднання);

l_F – дійсна координата центру симетрії (точки F) геометричного образу ЛРО допустимих значень діапазону робочої довжини посадкового з'єднання;

$\left(\frac{l_{p\max} - l_{кр}}{2} \right)$ і $\left(\frac{l_{кр} - l_{p\max}}{2} \right)$ – криві смугові частини діапазону рекомендованих і допустимих значень робочої довжини посадкового з'єднання відносно точки F .

Для формулювання критерія призначення раціонального сполучення діаметра d і робочої довжини l посадкового з'єднання в границях геометричного образу моделі ОІГПП (з урахуванням прийнятих факторів обмеження) визначаємо (див. рис. 1):

- найдовший відрізок діапазону $r_{d_{\max}}$ для будь-якого дискретного значення діаметра d_i посадкового з'єднання, що розташований паралельно осі $0l$;

- найдовший відрізок діапазону $r_{l_{\max}}$ для будь-якого дискретного значення робочої довжини l_j посадкового з'єднання, що розташований паралельно осі Od .

Після аналізу та перебору усіх можливих варіантів ортогональних відрізків діапазонів максимальних значень $r_{d_{\max}}$ і $r_{l_{\max}}$ у межах плоскої моделі ОІППП отримуємо їх раціональне сполучення. Перетин найдовших відрізків ST і PR утворюють центр групування – координатну точку $G(d_G; l_G)$ ($d_G = 105$ мм; $l_G = 60$ мм для прикладу, що розглядається, тобто $G(105; 60)$).

$$r_{l_{\max}} = \frac{l_{p_{\max j}} - l_{крj}}{p_l}; \quad r_{d_{\max}} = \frac{d_{2i} - d_{1i}}{p_d}, \quad (5)$$

де $l_{крj}$ і $l_{p_{\max j}}$ – відповідно початкова і кінцева точки відрізка ST – найбільшого діапазону $r_{l_{\max}}$ раціональних значень робочої довжини посадкового з'єднання при певному дискретному значенні d_i ($d_i = d_G$);

d_{1i} і d_{2i} – відповідно початкова і кінцева точки відрізка PR – найбільшого діапазону $r_{d_{\max}}$ раціональних значень діаметра посадкового з'єднання при певному дискретному значенні l_j ($l_j = l_G$);

p_l і p_d – величини кроків, у межах діапазонів максимальних значень робочої довжини і діаметра посадкового з'єднання (для розглядуваного прикладу приймаємо $p_l = 1$ мм і $p_d = 1$ мм).

Слід зазначити, що саме дискретне значення діаметра d_i слід приймати з рекомендованого діапазону r_{d_p} раціональних значень діаметра посадкового з'єднання (відрізка UV , який є частиною PR), що належить ЛРО, а не з найбільшого $r_{d_{\max}}$. До речі, $r_{d_{\max}}$ потрібен тільки для визначення центра групування раціонального сполучення геометричних параметрів d і l – точки G . Рекомендований діапазон визначається з умови (1):

$$r_{d_p} = d_2 - d_1 - 30. \quad (6)$$

Положення точки G аналітично визначається за допомогою математичного апарату теорії R -функцій у вигляді [205–207]:

$$\omega_G = d - d_G + l - l_G - \sqrt{(d - d_G)^2 + (l - l_G)^2}, \quad (7)$$

де $d - d_G$ і $l - l_G$ – відстані від початку координатної осі Od до точки d_G і від Ol до l_G відповідно для моделі ОІГПП ($d - d_G = 105$ мм і $l - l_G = 60$ мм).

На основі запропонованих описаних рекомендацій формулюємо критерій призначення раціонального сполучення значень геометричних параметрів [211], суть якого полягає у визначенні точки G – центра групування значень d_G і l_G в межах плоскої моделі ОІГПП, яка утворюється при перетині відрізків ST і PR (діапазонів $r_{l_{\max}}$ і $r_{d_{\max}}$), причому $r_{d_{\max}} \in \{d_{2i} \geq d_G \geq d_{1i}\}$, $r_{d_p} \in \{(d_2 - 15) \geq d_G \geq (d_1 + 15)\}$ (відповідно до умови (1)) і $r_{l_{\max}} \in \{l_{кр} \leq l_G \leq l_{p_{\max}}\}$ (відповідно до умови (3)). Запропонований авторами визначальний критерій призначення раціонального сполучення діаметра і робочої довжини посадкового з'єднання є відправною точкою для визначення геометричних параметрів d і l , питомого тиску p , температури нагрівання t_2 (охолодження t_1) і натягу N .

На наступному етапі в результаті чисельно-розрахункових досліджень [212], отриманих за допомогою автоматизованих розрахунків для розглядуваного прикладу, умовам придатності відповідають чотири посадки, як локалізовані множини ($H8/u8$, $H7/u7$, $H7/v7$ і $H7/x6$) (рис. 2) при всіх можливих допустимих варіаціях значень діаметра і робочої довжини посадкового з'єднання в межах ЛРО, що належить двомірній моделі ОІГПП.

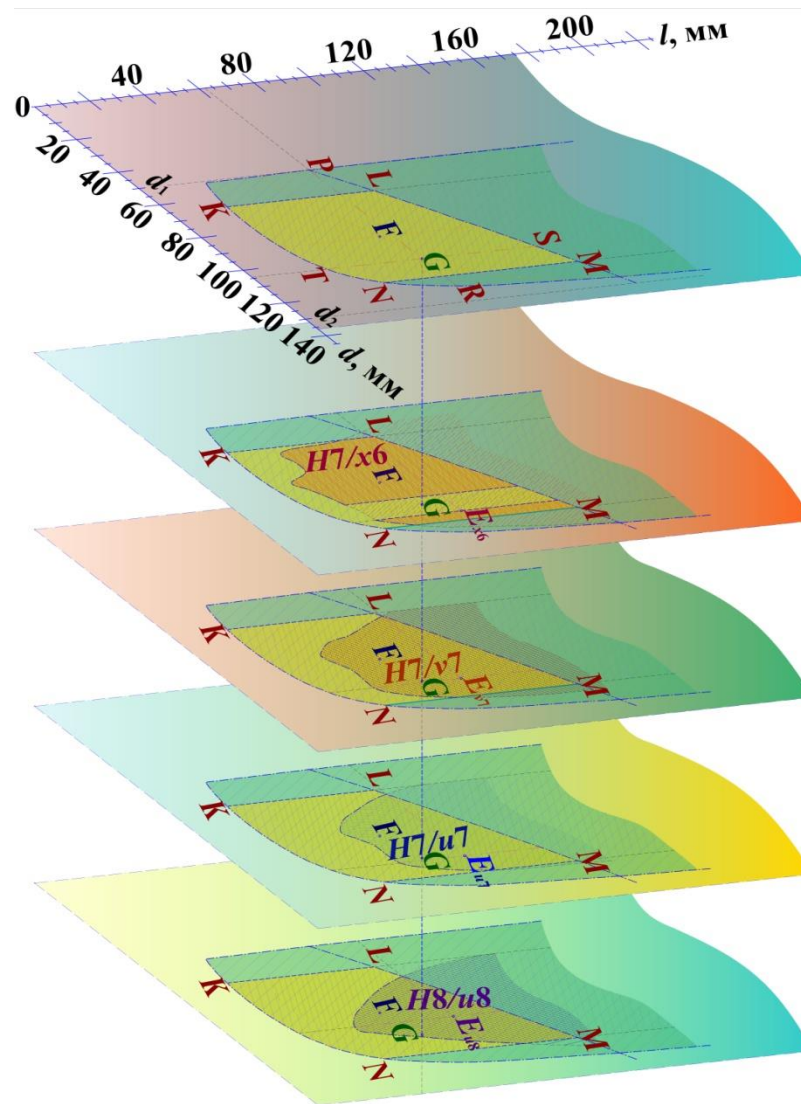


Рисунок 2. Накладання локалізованих множин альтернативних посадок з серед
натягом, які входять до ОІГПІ

Найбільшу площу серед локалізованих множин придатних рішень має $H7/x6$ (див. рис. 2 і 3а). Авторами запропоновано визначення центру групування ефективних значень (точки E_k) діаметра і робочої довжини посадкового з'єднання в межах локалізованої множини кожної k -ї придатної стандартної посадки з натягом (аналогічно для точки G об'єкта $KLMN$).

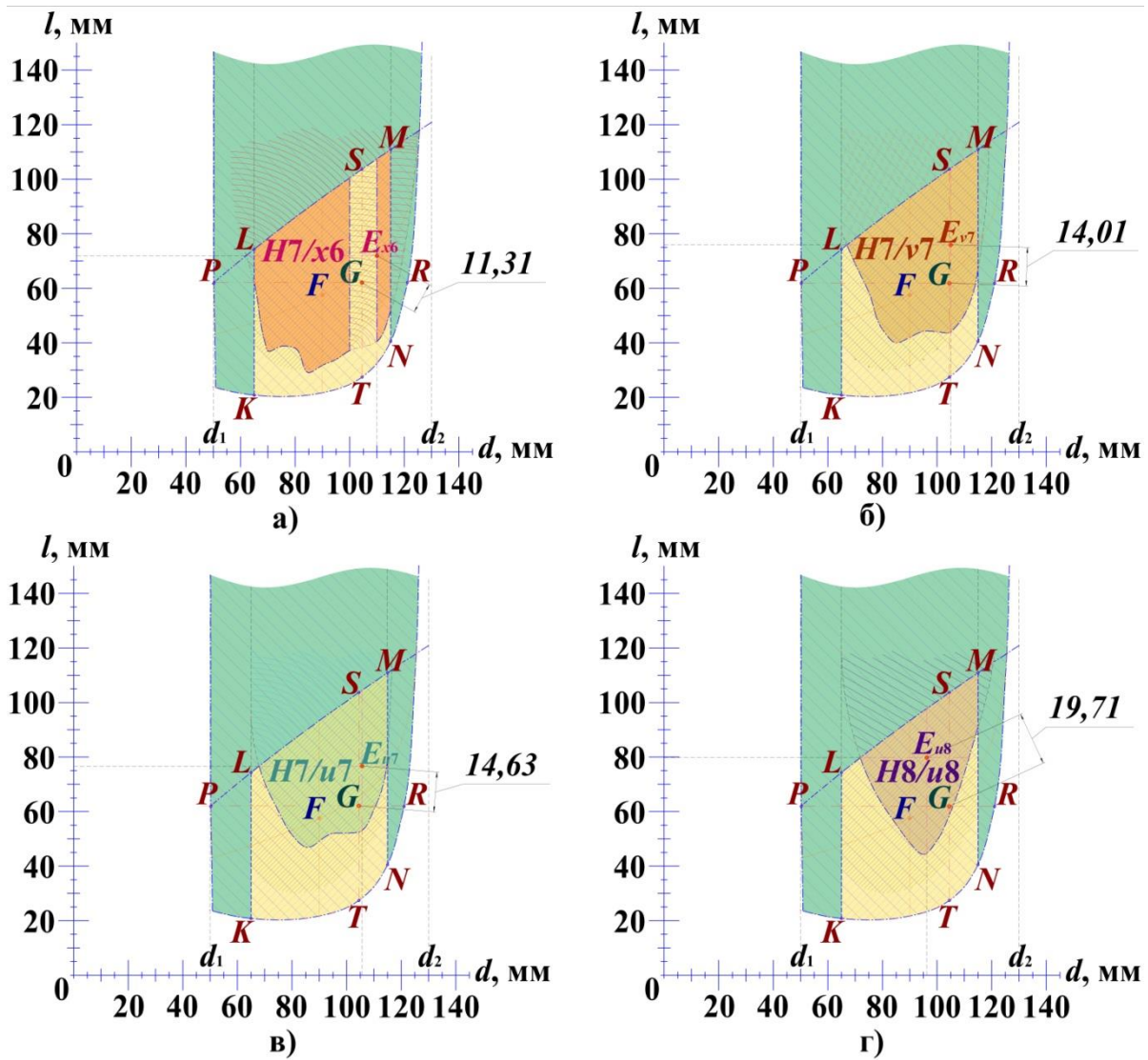


Рисунок 3. Локалізовані множини альтернативних посадок з натягом, які входять до ОІГПП

Для кожної локалізованої множини k -ї посадки розташування точки E_k , що утворюється при перетині відрізків значення діапазонів діаметра $r_{d_{E_k}}$ і робочої довжини $r_{l_{E_k}}$ посадкового з'єднання, аналітично визначаються за допомогою теорії R -функцій наступним чином [205–207]:

$$\omega_{E_k} = d - d_{E_k} + l - l_{E_k} - \sqrt{(d - d_{E_k})^2 + (l - l_{E_k})^2}, \quad (8)$$

де d_{E_k} і l_{E_k} – дійсні координати точки E_k , яка утворена при перетині відрізків діапазонів ефективних значень діаметра і робочої довжини посадкового з'єднання відповідно в межах зони локалізованої множини придатної вибраної k -ї посадки.

На основі запропонованого визначення центрів групування геометричних параметрів раціонального сполучення значень d_G і l_G (точки G) в межах плоскої ЛРО та ефективних значень d_{E_k} і l_{E_k} (точки E_k) в межах кожної локалізованої множини k -ї придатної стандартної посадки з натягом сформульовано один з основних узагальнених критеріїв вибору остаточного проектного рішення з переліку альтернативних залежно від геометричних параметрів d і l . Суть цього критерія полягає у визначенні найменшої відстані від точки G до E_k (рис. 4) у межах означеного плоского об'єкта $KLMN$ моделі, якому належить локалізована множина k -ї посадки, тобто величина найкоротшого відрізка GE_k .

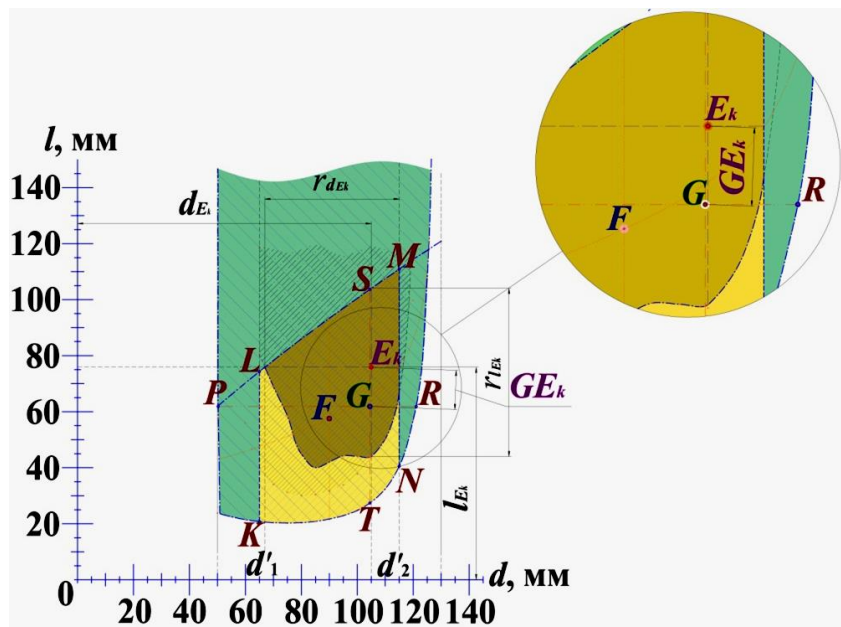


Рисунок 4. Визначення величини відрізка GE_k в локалізованій множині k -ї придатної стандартної посадки з натягом

У нашому прикладі для посадок $H7/x6$ – довжина відрізка $GE_{x6} = 11,31$ мм (див. рис. 3,а); $H7/v7$ – $GE_{v7} = 14,01$ мм (див. рис. 3,б); $H7/u7$ – $GE_{u7} = 14,63$ мм (див. рис. 3,в); $H8/u8$ – $GE_{u8} = 19,71$ мм (див. рис. 3,г). При цьому найкоротшим є відрізок $GE_{x6} = 11,31$ мм (посадка $H7/x6$), але точка G для цієї посадки попадає у розривну зону області придатних рішень $KLMN$ (див. рис. 3,а), тому таку посадку слід відкинути з числа ефективних. Множини трьох інших посадок $H7/v7$, $H7/u7$ і $H8/u8$ накривають центр групування G

(див. рис. 3,б) і тому вважаються ефективними. З аналізу усіх придатних проектних рішень, посадка $H7/v7$ є найраціональнішою, оскільки серед ефективних вона має найменшу довжину відрізка значення діапазонів діаметра $r_{d_{E_k}}$ і робочої довжини $r_{l_{E_k}}$ посадкового з'єднання ($GE_{v7} = 14,01$ мм) в межах означеної локалізованої множини. Як результат нашого дослідження означений вище фактор приймаємо як один з основних узагальнених критеріїв вибору остаточного проектного рішення – стандартної посадки з натягом з переліку альтернативних залежно від прийнятих геометричних параметрів d і l .

Таким чином, запропонований авторами узагальнений критерій вибору конструкторського рішення (на основі математичного моделювання з використанням теорії R -функцій) надає можливості наочно оцінити взаємний вплив геометричних параметрів d і l на якість з'єднання з натягом та обґрунтовано призначити раціональну посадку на стадії її автоматизованого проектування. При цьому, зазначений ефективний критерій дає змогу визначити резерви підвищення якості з'єднання виробу, проводити його інженерний аналіз, скоротити час на розробку конструкторсько-технологічної документації та інтегрувати такий процес проектування у системи CAE/CAD/CAM.

SECTION 6. PLANT GROWING

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.6.1

6.1 Вибір раціональних способів розліснення сільськогосподарських угідь

Сільське господарство є однією з найстаріших галузей у світі. Однак воно й на теперішній час залишається самою затребуваною галуззю.

Враховуючи той факт, що Україна є аграрною країною і у відповідності до даних, приведених Міністерством аграрної політики та продовольства [215] в довоєнний період, являється другою державою серед найбільших експортерів зернових культур усього світу.

Нарощування темпів виробництва зернових культур можливе за рахунок збільшення врожайності, або за рахунок збільшення посівних площ. Збільшення посівних площ в теперішній час можливе тільки за рахунок розліснення полів, окультурення. Як відомо, розліснення – це видалення деревинних чагарників на перелогових землях, полях або їх ділянках. Вважається, що розліснення полів або їх ділянок є дієвим методом збільшення земельного банку підприємства, що потребує порівняно незначних фінансових витрат, часу та трудових ресурсів.

Однією з основних причин заліснення ділянок полів є розширення захисних лісосмуг за рахунок розсіву насіння деревини, а також лісових масивів, які прилягають до полів [216].

Із статистичних даних відомо, що на 2020 рік площа самосійної деревини на полях в Україні становила близько 200 тисяч га.

На превеликий жаль, після закінчення війни ця площа буде значно більшою із-за бойових дій та мінувань полів, лук та інших земельних угідь по всій території країни. Так, за даними ДСНС України, на середину листопада 2022 року заміновано близько 30% загальної території нашої країни [217]. Для розмінувань даних територій, у відповідності до даних ДСНС, необхідно не менше п'яти років. Тому, для України проблема розліснення полів стане ще більш нагальною.

Рішення проблеми зрізання та видалення деревинно-чагарникової рослинності є актуальним не тільки для сільськогосподарської галузі при культуртехнічних операціях, а й при виконанні технологічних операцій по лісовідновленню при захисті від деревинно-чагарникової рослинності лінійних об'єктів таких, як лінії електропередач, залізничні та автомобільні дороги різних категорій та ін. Вирішенням даної проблеми висвітлено в ряді робіт вітчизняних та зарубіжних авторів [218, 219]. У більшості випадків дана операція виконується, як правило, наявною в сільськогосподарських підприємствах технікою, яка в більшій чи меншій мірі підходить для виконання розліснення. Але проведений аналіз літературних джерел показав, що не розглянуті питання вибору ефективного способу розліснення сільськогосподарських угідь та вибору раціонального обладнання для виконання даної операції [219, 220].

Необхідність виконання даних робіт в агропромисловому комплексі пов'язана, перш за все, із необхідністю окультурення родючих земель з метою збільшення посівних площ та недопускання подальшого просування деревинно-чагарникової рослинності по полях.

Для визначення приблизних об'ємів робіт по розлісненню сільськогосподарських угідь в Сумській області нами були проведені дослідження в Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ» на протязі 2021 – 2022 років.

Площа необхідного розліснення полів становила на 2020 рік 342,56 га.

Динаміка виконання розліснення вказаних площ у Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ» приведена в табл. 1.

Таблиця 1.

Розліснення площ у Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ»

Роки	Площа розліснення за календарний рік, га
2020	106,0
2021	160,5
2022	-
Залишок на наступні роки	76,06
Всього	342,56

Як видно з табл. 1, найбільшу площу угідь було розліснено у 2021 році – 160,5 га. Із-за бойових дій у 2022 році розліснення не проводилось. Залишок від попередніх років становить 76,06 га.

У прикордонних з Росією областей виникла для аграріїв проблема небезпеки обробітку полів, що межують із прикордонними зонами. Особливо ця проблема гостро постала для аграріїв Сумської області із-за найбільшої протяжності кордону з Росією – 563,8 км [221]. Часті обстріли, не розірвані боєприпаси і т. ін. вимушують залишати не обробленими тисячі гектарів сільгоспугідь області, які потрібно буде після війни окультурювати.

Так, в у Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ» на кінець 2022 року стан справ наступний (табл. 2)

Таблиця 2.

Площі полів, що будуть потребувати окультурення

№ п/п	Сільська рада	Площа, яка не засівалася в 2022 р., га	Відстань до кордону, км	Площа, яка не планується засіватися в 2023 р., га
1	Манухівська	231	7-9	231
2	Бояролежачівська	249	1-5	249
3	Бунякінська	743	5-10	743
4	Червоноозерська	702	До 15	764
Всього		1925	-	1987

Так, при загальній посівній площі 13480 га у Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ», кількість не оброблених полів у 2022 році із-за бойових дій склала майже 14,3 %. На 2023 рік цей відсоток збільшиться до 14,74 %.

Як показали власні дослідження, в Буринському відділенні ТОВ «Райз Північ», основними осередками заростання полів деревинно-чагарниковою рослинністю є прилеглі території полів до лісосмуг, лісів, залужених низин, водойм та опор ліній електропередач.

Ефективна робота технічних засобів по видаленню деревинної рослинності можлива при наявності знань фізико- механічних властивостей даної деревини.

Кожна порода деревини має свої фізико-механічні властивості, які у значній мірі впливають на вибір робочих органів, зусилля різання і, в кінцевому варіанті, на продуктивність машин та питомі витрати на розліснення.

Проведені дослідження деревно-чагарникової рослинності, якою засмічені поля ТОВ «Райз Північ» показали, що переважну більшість складають такі породи дерев як тополя, ясен, груша, клен ясенелистий. Аналізуючи дані досліджень фізико-механічних властивості деревини (табл. 3), можна зробити наступний висновок: майже всі породи дерев, що заліснюють сільськогосподарські угіддя мають щільну, тверду і досить в'язку деревину. Найбільшу межу міцності як на стискання, так і на згин має деревина ясеня та груші, а найменшу – деревина тополі. Відповідно й щільність, найменша деревини тополі. Найбільшу ударну в'язкість та статичну твердість має деревина груші. Найнижчі показники ударної в'язкості та статичної твердості має тополя.

Як показали дослідження, коріння даних порід деревини мають більш низькі показники їх фізико-механічних властивостей, ніж стовбури. Так, межа міцності при їх стисканні у подовж волокон менша на 22 – 25%, а щільність, у порівнянні із стовбуром, менша на 10 – 15%.

Таким чином, знаючи фізико-механічні властивості деревинних чагарників можна вибирати відповідну техніку для окультурення сільгоспугідь, знаряддя та робочі органи.

Із усіх відомих способів видалення деревно-чагарникової рослинності найбільш розповсюдженим у сільськогосподарському виробництві із-за своєї продуктивності та універсальності є механічний спосіб.

У залежності від площ земельних територій видалення деревно-чагарникової рослинності при розлісненні сільськогосподарських угідь виконується за двома основними технологіями:

1. З використанням ручної праці та засобів малої механізації (при малих площах розліснення до 1-2 га);

2. Механізована технологія (при значних площах більше 2 га).

У переважній більшості в теперішній час використовується другий спосіб. При використанні механізованої технології розліснення виконуються наступні операції. Зрізання наземної частини деревно-чагарникової рослинності. Для виконання даної операції застосовуються кущорізи з пасивними та активними робочими органами. Наступна операція – згрібання із подальшим видаленням зрізаної рослинності волокушами, граблями або підбирачами з подальшим навантаженням в транспортний засіб тракторними навантажувачами. Видалена рослинність в подальшому після підсихання в буртах, переробляється на щепу за допомогою мобільних машин для рубки, після чого щепу автомобілями чи тракторними причепами транспортується до місця зберігання. Останньою операцією в даній технології є видалення пеньків за допомогою відповідних машин циклічної чи безперервної дії з подальшою їх утилізацією [220].

З метою визначення засміченості полів у залежності від місця їх розташування тими чи іншими породами деревини нами були проведені відповідні дослідження.

Дослідження проводились шляхом накладання мірної рамки на кожній ділянці поля та перерахунком кількості породи деревини. Кількість замірів на кожній ділянці становила 10 разів. Після чого визначалося середнє значення кожної породи на відповідній ділянці і значення виражались у відсотках.

Найбільша засміченість полів припадає на породи ясен та клен ясенелистий, найменша засміченість – грушою.

Таким чином, знаючи фізико-механічні властивості деревинних чагарників, їх відсоток на кожній ділянці поля, можна вибирати відповідну техніку для окультурення сільгоспугідь, знаряддя та робочі органи для виконання розліснення даних площ.

При розлісненні сільськогосподарських угідь від деревно-чагарникової рослинності на експлуатаційні показники роботи машин для виконання даної операції найбільше впливають наступні фактори:

- діаметр стовбурів;

- кількість на одиниці площі;
- порода деревини.

Для визначення даних факторів було складено програму та методику експериментальних досліджень.

Методика дослідження полягає у виборі типових ділянок на полях, які потрібно розчищати від деревно-чагарникової рослинності і проведення замірів.

Дослідження стану деревно-чагарникової рослинності проводилось шляхом 6 замірів на окремих полях.

На ділянках вибиралися облікові майданчики де проводились відповідні заміри шляхом накладання розбірної рамки розміром 1x1м і визначалася: кількість стволів на м², діаметр стовбурів рослин на висоті можливого зрізу (60 мм) та породи дерев.

Заміри та розрахунки проводились на трьох полях, кожне з яких мало площу приблизно 200 га. Площі під розліснення на кожному полі складали 9,2; 8,9 та 10,0 га відповідно.

Після підрахунку кількості стовбурів при шестикратному накладанні рамки на різних ділянках кожного поля визначалося середнє значення стовбурів для даного поля.

Після проведення польових досліджень, проводимо перерахунок кількості деревно-чагарникової рослинності на 1 га:

$$n_{га} = 10000 n_{\partial} \cdot s_{\partial}$$

де $n_{га}$ – кількість деревно-чагарникової рослинності на ділянці під розліснення, шт.;

n_{∂} – середня кількість деревно-чагарникової рослинності на обліковому майданчику (1 м²), шт.;

s_{∂} – загальна площа ділянки під розліснення, га.

Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Кількість деревно-чагарникової рослинності на полі

№ поля	Середня кількість деревно-чагарникової рослинності на обліковому майданчику, шт.	Кількість деревно-чагарникової рослинності на ділянці під розліснення, шт.
1	1,1	101200
2	1,4	124600
3	1,8	180000

Як видно з табл. 3, найбільша кількість деревно-чагарникової рослинності припадає на третє поле.

Приймаємо середню кількість деревини на м² – 1,5 шт.

Одночасно із визначенням кількості стовбурів деревно-чагарникової рослинності, визначали також і її діаметр. Розподіл деревно-чагарникової рослинності на досліджених полях по діаметру наведено в табл. 4.

Таблиця 4.

Склад деревно-чагарникової рослинності на полях по діаметру

№ поля	Розподіл по діаметру, %		
	до 30 мм	31–60 мм	61-90 мм
1	94,8	5,0	0,2
2	95,9	4,9	0,1
3	96,2	3,8	-

Із табл. 4 можна зробити висновок, що основна частина деревно-чагарникової рослинності на всіх полях має діаметр до 30 мм.

Одночасно із попередніми дослідженнями проводились дослідження по визначенню складу деревно-чагарникової рослинності по породах на полях.

Результати досліджень приведені на рис. 1.

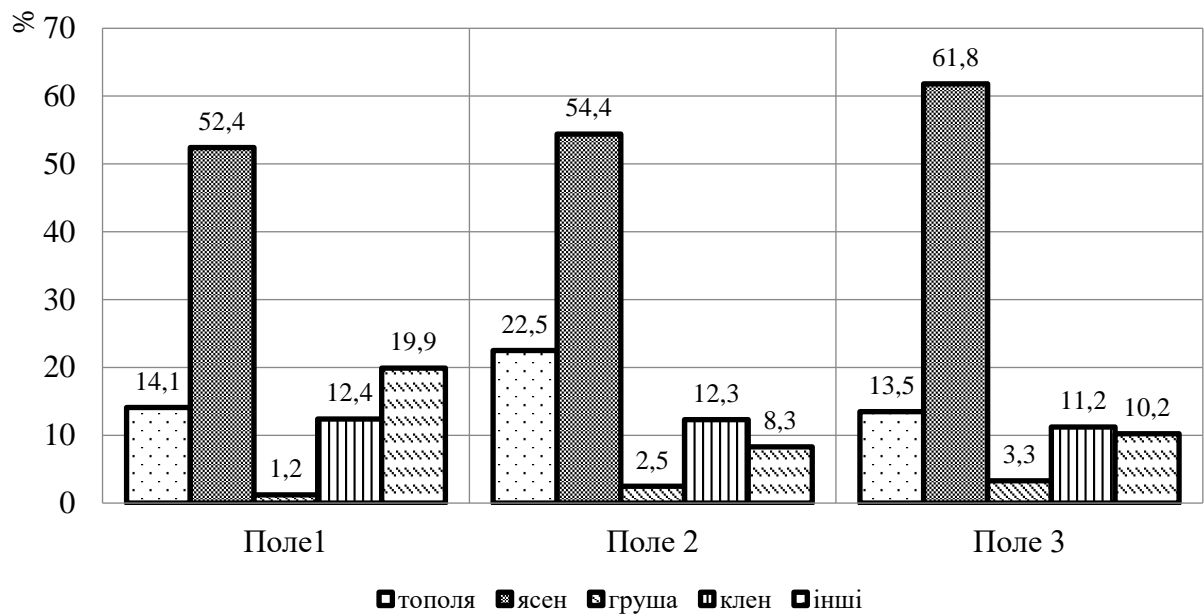


Рисунок 1. Склад деревно-чагарникової рослинності по породах

Як видно з діаграми (рис. 1), на всіх полях переважала порода дерев – ясен. Це пов’язано з тим, що основною деревиною захисних смуг, які прилягають до полів є ясен.

На основі проведених польових досліджень нами був проведений аналіз машин для розліснення з урахуванням конкретного стану деревно-чагарникової рослинності полів господарства.

У залежності від дії ріжучого робочого органу на рослинність, машини поділяють на пасивної та активної дії.

Для більш об’єктивної порівняльної оцінки машин для розліснення розглядатимемо тільки ті машини, які виконують операцію по видаленню деревно-чагарникової рослинності одною машиною і за один прохід.

В основу роботи машин із двостороннім відвалом покладений спосіб силового різання із ковзанням.

При роботі даних машин відбувається безладне зрізання та валяння деревно-чагарникової рослинності, переміщення, перемішування з ґрунтом та ущільнення зрізаної рослинної маси. Це призводить до захаращення ділянок, що розлінюються.

Котки-кущорізи призначені також для знищення чагарникової рослинності. Вони представляють собою циліндричний барабан, зовні якого по

гвинтовій лінії розташовані ножі, завдяки яким забезпечується подрібнення прикоченої чагарникової рослинності та часткова заробка її в ґрунт.

До машин пасивної дії відносяться також викорчовувачі. Дана машина забезпечує розчищення ділянки поля від деревно-чагарникової рослинності та транспортування її за межі поля. Максимальна глибина ходу зубів – 250 мм. Монтується на місце бульдозерної навіски.

Найбільш розповсюдженим викорчовувачем-навантажувачем є агрегат, що складається із навантажувача Manitou із відповідним змінним обладнанням.

Особливістю даної машини є висока маневреність. Весь технологічний процес полягає в заглибленні зубів на глибину до 250 мм, викорчовуванні чагарників та транспортуванні їх за межі поля. Тобто, агрегат працює циклічно.

До машин для розліснення полів активної дії відносяться машини, у яких робочі органи приводяться в рух (обертальний) від двигуна базової машини.

До них відносяться: лісові мульчери, ротуватори, універсальні лісові фрези та ін. Всі ці машини мають горизонтальну вісь обертання робочого органу та схожий принцип дії. Основною відмінністю кожної з перерахованих машин є максимальний діаметр деревини, яку вона здатні подрібнити при оптимальній швидкості.

Із даного переліку машин з горизонтальною віссю обертання розглянемо ту, яка по потужності, що споживається, наближена до попередньо розглянутих машин пасивної дії.

Враховуючи конкретні умови роботи по розлісненню (діаметр стовбурів деревини, кількість на m^2 і т. ін., доцільним для розліснення полів буде мульчер Serrat T-1800.

Даний мульчер використовуються для подрібнення дерев та чагарників діаметром до 80 мм. ВВП трактора через ремінний привід обертає ротор мульчера і приводиться в дію від ВВП трактора (швидкість обертання перевищує 2000 хв^{-1}), за рахунок цього забезпечується ефективно подрібнення деревної маси.

Для об'єктивного вибору кращого варіанту машини для розліснення полів нами запропонована десятибальна шкала якісного оцінювання наступних показників:

- винесення ґрунту за межі ділянки, що розліснюється;
- наявність залишків не заробленої в ґрунт деревини;
- питомі витрати на розліснення;
- нерівність поверхні після розліснення (наявність колій, ям, борізд, гребнів).

Для оцінювання була застосована зворотна шкала. За 10 балів бралися найгірші показники якості машини.

При цьому всі показники, крім третього, оцінювались нами на розліснених ділянках тою чи іншою машиною. Третій показник - питомі затрати, вибирався із довідкової літератури та технічної документації відповідних машин (табл. 5).

Таблиця 5.

Оцінка якості машин для розліснення

№ п/п	Показник якості (в балах від 10 до 1)	ДП-4А	КУЛ-2,8	КЧВ-2,0	Manitou MT-X 733	Serra T-1800
1	Винесення ґрунту за межі ділянки, що розліснюється	10	1	9	8	1
2	Наявність залишків деревини на поверхні ґрунту	8	10	6	5	3
3	Питомі затрати	5	4	10	8	9
4	Нерівність поверхні після розліснення	10	4	7	9	1
5	Сума балів	33	19	32	30	14

Як видно з табл. 5, найкращі показники якості при розлісненні показав мульчер Serrat T-1800. Найближчою машиною по якісним показникам при виконанні розліснення полів є каток-кущоріз КУЛ-2,8.

В той же час, найгірші показники у кущоріза ДП-4А та викорчовувача КЧВ-2,0. Низькі показники якості також у викорчовувача-навантажувача Manitou MT-X 733.

Для наглядної демонстрації показників якості перерахованих машин для розліснення сільськогосподарських угідь нами була побудована стовпчаста діаграма (рис. 2).

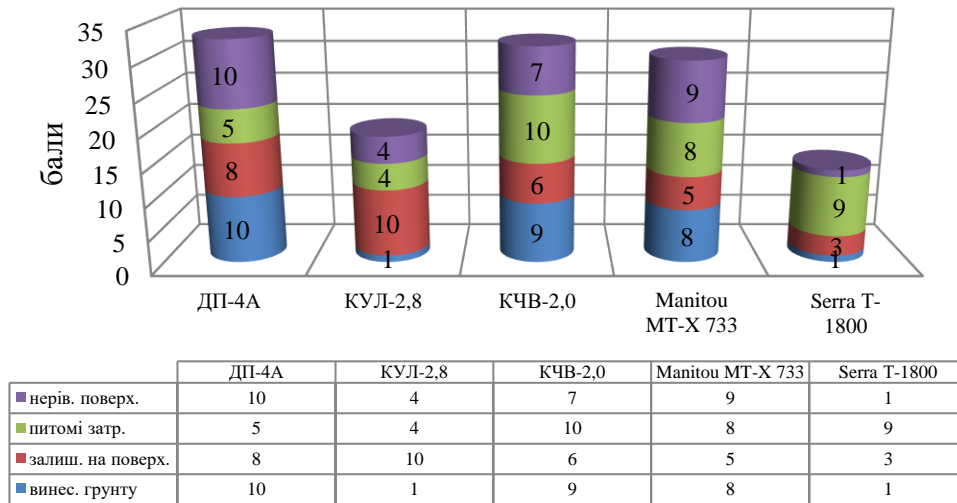


Рисунок 2. Оцінка якості машин для розліснення

Для виконання робіт по розлісненню полів у нашому господарстві, нами була вибрана машина, що має найкращі якісні показники – мульчер Serrat T-1800.

Проведений аналіз основних порід деревини розліснення сільськогосподарських угідь та її властивості у ТОВ «Райз Північ» показав наскільки вони різняться і дав можливість визначитись із підбором техніки для розліснення полів.

Виконаний аналіз технічних засобів для розліснення сільськогосподарських угідь показав на доцільність застосування механізованої технології видалення деревно-чагарникової рослинності.

Проведені дослідження по визначенню розподілу порід деревної рослинності від осередка заростання та дослідження стану деревно-чагарникової рослинності господарства дали можливість визначитись із основними породами деревини на конкретних полях, її щільності та розмірних характеристик, що враховувалось при виборі машин для видаленню даної рослинності.

Виконаний аналіз машин для розліснення та проведені дослідження показників якості машин дали можливість визначити кращий варіант машини для умов господарства.

SECTION 7. TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

DOI: 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.3.7.1

7.1 Удосконалення технології пористого крохмалю для інкапсулювання аскорбінової кислоти

Продукти харчування, що містять природні антиоксиданти, ненасичені жирні кислоти, пробіотики, біологічно активні речовини та вітаміни, відіграють важливу роль у загальній концепції збереження здоров'я населення. Вони не лише поповнюють організм людини необхідними поживними речовинами, але й відіграють профілактичну і оздоровчу функції [222]. В умовах складної екологічної ситуації споживачі свідомо обирають харчові продукти, які мають високі харчову і біологічну цінність, подовжений термін зберігання, та позитивно впливають на функціонування організму. Саме тому, інтерес дослідників та компаній змістився до використання у харчових технологіях природних біологічно активних речовин (БАР) з фруктів, овочів, бобових та інших рослинних джерел [223]. Однак багато природних біоактивних інгредієнтів є нестабільними, вони схильні до окиснення, швидкість якого збільшується під впливом світла, тепла, рН середовища та при підвищенні вмісту вологи. Таким чином, харчова промисловість зацікавлена у технологіях захисту і збереження функціональних властивостей БАР та збільшення їх біодоступності під час переробки та зберігання харчових продуктів [224].

Інкапсуляція визначається як процес, при якому крихітні частинки біоактивних речовин вбудовуються в однорідну або гетерогенну матрицю для отримання мікрокапсул. Спосіб інкапсулювання може забезпечити фізичний бар'єр між основною сполукою та іншими компонентами продукту. Таким чином, біологічно активна речовина має захист від кисню, тепла, вологи, світла, окиснення, що дозволяє подовжити її збереженість. У якості матеріалу для мікрокапсул використовують різні класи природних речовин: ліпіди, білки, полісахариди, зокрема крохмаль, модифікований крохмаль, пектин, ацетатцелюлозу, альгінати, хітозан, полідекстразу та ін. Існує багато вимог до

матеріалів для інкапсулювання, проте основними є такі: вони мають бути недорогими (для отримання економічного продукту), неканцерогенними і не мають містити важкі метали [225, 226].

Крохмаль – це природний полісахарид, який активно використовується у харчовій, фармацевтичній, паперовій, текстильній та інших галузях промисловості. Біохімічні та фізичні зміни, які відбуваються з молекулами крохмалю в ході технологічного процесу приготування продуктів на його основі, значною мірою впливають на консистенцію, структуру та смак готового виробу. Для розширення асортименту і покращення якості харчових продуктів використовуються модифіковані види крохмалю, які є харчовими добавками. Існують різні способи модифікації крохмалю: фізичні, біохімічні, хімічні та їх комбінації [227].

Розроблення нових модифікованих видів крохмалю і вивчення їх фізико-хімічних і структурних властивостей є необхідним для розуміння технологічних особливостей їх використання у харчовій та фармацевтичній промисловості.

У харчовій промисловості відоме використання модифікованого пористого крохмалю для захисту чутливих інгредієнтів, таких як ароматичні олії, мінерали, вітаміни, біоактивні ліпіди [228].

Резистентні види крохмалю були у 1992 р. визначені EURESTA як «сума крохмалю і продуктів деградації крохмалю, які недоступні для ферментації в тонкій кишці». Останніми роками цей вид рослинного крохмалю знаходиться під пильним спостереженням вчених різних країн. Резистентні види крохмалю поєднують функціональні властивості харчових волокон і пребіотиків і виявляють профілактичний ефект у харчуванні людини. Харчові продукти з резистентним крохмалем, підвищують відчуття насичення, краще втамовують голод, що запобігає надлишковому споживанню їжі та, відповідно, знижує ризику ожиріння [229].

Резистентні крохмалі (РК) характеризуються низькою калорійністю. Енергетична цінність різних типів РК знаходиться в межах 1,5-2,5 ккал/г і в розрахунках приймається рівною 1,7 ккал/г. У країнах ЄС згідно директиви

Єврокомісії 2008/100/ЕС прийнято, що енергетична цінність харчових волокон дорівнює 2 ккал/г. Рекомендований рівень споживання складає 3-10 г під час прийому їжі [230].

У якості об'єкта дослідження було обрано модифікований пористий кукурудзяний крохмаль, отриманий шляхом заморожування крохмального клейстеру за певних умов. Утворення пористого крохмалю відбувається в результаті льодоутворення в клейстерах, при цьому формується високорозвинена внутрішня поверхня. У частково зневодненому і сухому стані структура крохмалю подібна до мікрокапсул, що здатні утримувати та зберігати біологічно активні речовини [231].

Метою роботи було розроблення способу отримання модифікованого пористого кукурудзяного крохмалю та дослідження його фізико-хімічних властивостей і можливості використання у якості нейтрального носія для інкапсулювання БАР на прикладі аскорбінової кислоти.

Для дослідження було використано кукурудзяний крохмаль згідно ДСТУ 3976-2000, аскорбінова кислота фірми «Himreagent».

З метою отримання модифікованого крохмалю було використано відомості про те, що охолодження колоїдних систем до температури замерзання і нижче, часто призводить до коагуляції внаслідок ущільнення просторої сітки при замерзанні дисперсійного середовища. Причому, коагуляція тим повніша, чим нижча температура, до якої охолоджували колоїдну систему, і, чим довше вона перебуває в замерзломому стані. Крохмальні молекули гідрофільні, при нагріванні у воді вони здатні збільшуватись у об'ємі в декілька разів, зв'язуючи значну кількість води (близько 1000 % до маси абсолютно сухої речовини). За певної температури полісахариди крохмального зерна переходять у розчин, утворюючи драгледоподібну систему залежно від концентрації крохмалю. Для високомолекулярних сполук найбільш енергетично вигідною конформацією в розчині є подвійна спіраль, яка формується за рахунок утворення великої кількості внутрішньомолекулярних водневих зв'язків. При глибокому заморожуванні клейстерів крохмалю утворення кристалів льоду призводить до

ущільнення просторової сітки полісахаридів та формування внутрішніх каналів [232].

Приготування модифікованого крохмалю доцільно проводити так, щоб 5 або 10 %-і водні суспензії повільно замерзали за температур -18°C . При приготуванні дисперсії необхідно уникати сильної механічної дії (струшування, помішування, гомогенізація і т.д.), щоб не зруйнувати набухлі крохмальні зерна. Отриману при відтаванні заморожених зразків пористу масу зневоднювали, витискаючи воду за допомогою гідрофільних спиртів та висушували. Висушування проводили за кімнатної температури, зразки подрібнювали та просіювали. Так, нами було приготовлено пористі крохмалі шляхом заморожування суспензії кукурудзяного крохмалю концентрацією 10 та 5 %.

Мікроскопіювання та фотографування зерен модифікованого пористого кукурудзяного крохмалю здійснювали за допомогою скануючого електронного мікроскопу LEO 1420 (Germany).

Резистентність визначали за методикою з використанням препарату «Панкреатин», що містить травні ферменти, за залишковим вмістом редукувальних речовин після ферментативного гідролізу крохмалю. Вміст редукувальних речовин (РР) в перерахунку на глюкозу визначали за допомогою методу з використанням 3,5-динітросаліцилової кислоти [232].

Кількість аскорбінової кислоти інкапсульованої у модифікований крохмаль визначали йодометричним методом. Метод ґрунтується на тому, що аскорбінову кислоту відтитровують йодом у кислому середовищі.

Реакція між аскорбіною кислотою і йодом відбувається еквімолекулярно, тому на окиснення 176 вагових частин аскорбінової кислоти витрачається $2 \cdot 126,92$ вагових частин йоду. Таким чином, $1 \text{ см}^3 0,1 \text{ н}$ розчину йоду окиснює 8,8 мг аскорбінової кислоти [233].

За допомогою скануючої електронної мікроскопії проведено дослідження внутрішньої структури пористого кукурудзяного крохмалю, отриманого з крохмальних клейстерів різної концентрації (рис. 1).

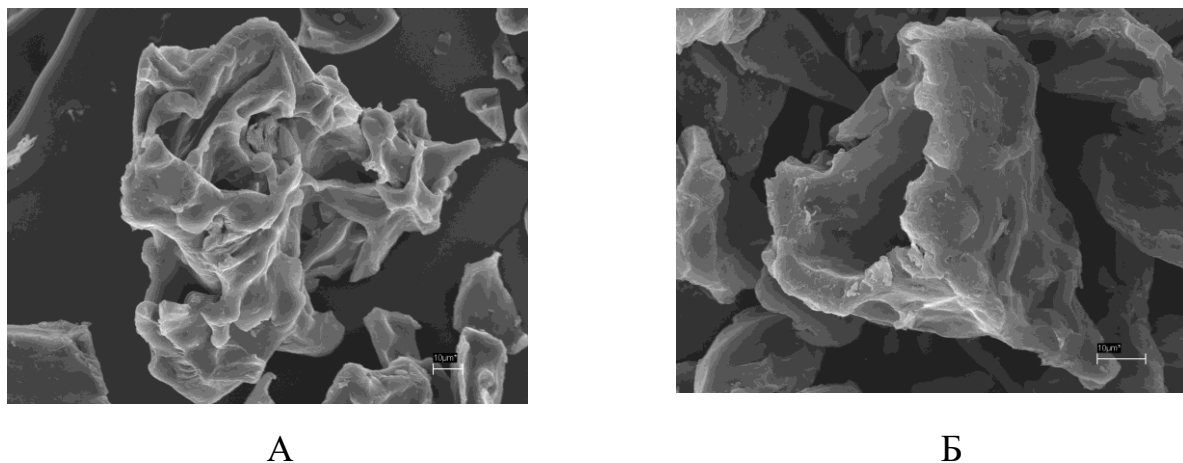


Рис. 1. Мікрофотографії кукурудзяного модифікованого крохмалю, отриманого заморожуванням клейстерів різної концентрації: А – 5%, Б – 10%

Мікрофотографії пористого крохмалю дають чітке уявлення про його внутрішню структуру. На відміну від нативного крохмалю модифікований має пористу структуру і набагато більші фракційні частинки, оскільки у ході заморожування–відтавання кристали льоду «розривають» зв'язки між молекулами крохмалю. Це може бути свідченням того, що цей вид крохмалю може бути застосований у якості адсорбенту, або у якості інкапсулюючого агента для різних низькомолекулярних речовин.

Для визначення ступеня резистентності до 2 г досліджуваного крохмалю додавали 10 см³ дистильованої води і 10 см³ розчину препарату «Панкреатин» (готували 100 см³ розчину, що відповідає 4500 амілолітичним одиницям активності), витримували зразки на водяній бані при температурі 37°C протягом 60 хв. Потім відокремлювали рідку фазу від крохмалю, відбирали 1 см³ фільтрату і досліджували на вміст редукувальних речовин (РР) (в перерахунку на глюкозу) за допомогою кольорової реакції з 3,5-динітросаліциловою кислотою. Кількість РР дає уявлення про розщеплення крохмалю травними ферментами протягом години.

Кількість РР (в перерахунку на глюкозу), утворених внаслідок гідролізу модифікованого і нативного видів крохмалю, ферментним препаратом «Панкреатин», визначали методом з 3,5-динітросаліциловою кислотою. Для

визначення кількості РР в досліджуваних зразках використовували калібрувальний графік.

Ступінь резистентності залежить від концентрації крохмального клейстеру, який піддавали заморожуванню-відтаванню. Концентрація клейстеру впливає на льодоутворення в системі, оскільки спочатку замерзає вільна вода, а потім зв'язана полісахаридами крохмалю. Залежно від концентрації клейстеру в структурі ретроградованого крохмалю змінюються розміри пор і сорбційні властивості крохмалю. Результати дослідження резистентності кукурудзяного нативного і модифікованого крохмалю представлені на рис. 2.

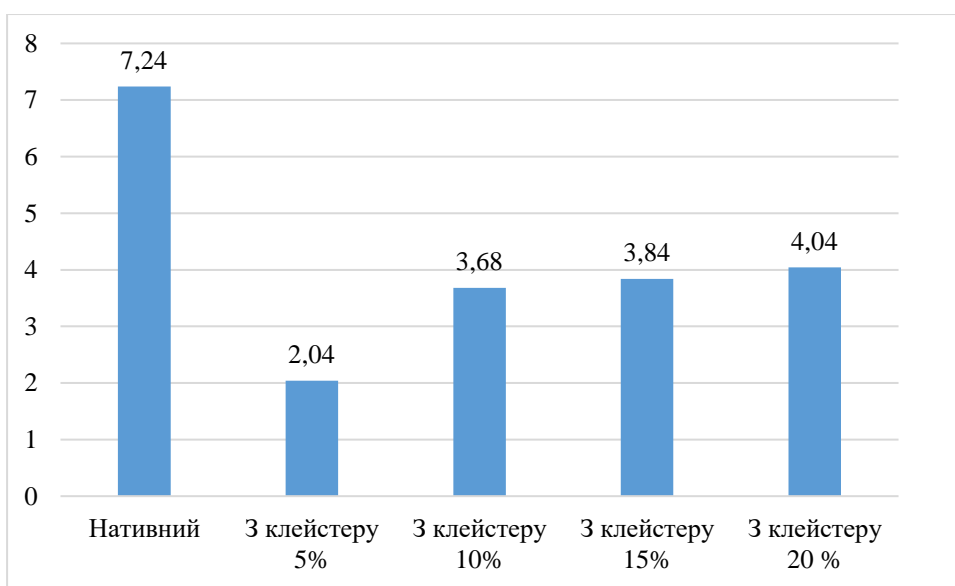


Рис. 2. Вміст РР (в перерахунку на глюкозу) після ферментативного гідролізу пористого крохмалю, отриманого з клейстерів різної концентрації

Отримані результати досліджень показують, що крохмаль, який піддавали модифікації, має більшу стійкість до ферментативного гідролізу порівняно з нативним. Зі зростанням концентрації клейстеру, з якого був приготовлений модифікований РК, зменшується його стійкість до дії ферментів, про що свідчить більша кількість РР після гідролізу ферментами. Модифіковані крохмалі отримані з 5 %-х клейстерів мають більший розмір пор, з підвищенням концентрації крохмальних клейстерів розмір пор зменшується.

Вітамін С (кислота аскорбінова) – важлива біологічно активна речовина, водорозчинний вітамін, який забезпечує нормальне дихання клітин і щільність стінок кровоносних судин, сприяє загоєнню ран, підвищує стійкість організму проти хвороб. Цей вітамін регулює окисно-відновні процеси, вуглеводний обмін, згортання крові, бере участь у регенеруванні тканин і перетворенні холестерину в стероїдні гормони та проколагену в колаген, який є головним позаклітинним компонентом сполучної тканини. Аскорбінова кислота – синергіст гормону кортизону, гонадотропних гормонів, тіаміну, флавоноїдів та антагоніст тироксину.

Аскорбінова кислота покращує ріст і здоровий розвиток клітин, сприяє засвоєнню кальцію організмом. Велика кількість її затрачається організмом в процесі боротьби з хворобою чи інфекцією, а також при загоєнні ран. Вітамін С – один з багатьох відомих антиоксидантів, допомагає організму справлятися з нестабільними хімічними речовинами – вільними радикалами. Людський організм не виробляє вітамін С і не накопичує його, тому дуже важливо включати в щоденний раціон достатню кількість вітаміну С.

Людині необхідно постійно отримувати вітамін С із продуктами харчування або додатково у вигляді добавки до їжі, тому що в організмі він не утворюється. Основною проблемою є дуже швидке витрачання аскорбінової кислоти, а надлишок її повністю виводиться з організму через чотири години. Вітамін С легко руйнується під час теплової обробки речовин, дії світла і вологи, втрачається при неправильній обробці їжі і тривалому зберіганні готових харчових продуктів.

Для дослідження інкапсулювання модифікованим крохмалем аскорбінової кислоти готували по 20 мл суспензій кукурудзяного крохмалю концентрацією 5 і 10%. Клейстеризували в полі надвисокої частоти (НВЧ) і давали охолонути до кімнатної температури. Готували розчини аскорбінової кислоти концентрацією 10, 8, 6, 4, 2% і після охолодження крохмального клейстеру до кожного зразку додавали по 10 мл розчину вітаміну С. Клейстер з аскорбіновою кислотою добре перемішували і заморожували в морозильній камері при температурі -18°C

протягом 24 годин. Потім повільно розморожували при кімнатній температурі і відокремлювали рідку фазу. Вимірювали кількість фільтрату і титрували 0,1 н розчином йоду в присутності індикатора – 1% крохмального клейстеру – до появи синього забарвлення. Збагачений аскорбіною кислотою крохмаль висушували у сушильній шафі при температурі 40°C, подрібнювали і просіювали.

Кількість адсорбованої аскорбінової кислоти X (мг/мл) розраховували за формулою:

$$X = \frac{0.0088 \cdot V_1 T}{V_2},$$

де T – титр йоду; 0,0088 – кількість аскорбінової кислоти, яка окислюється 1 мл розчину йоду, мг; V_1 – об'єм йоду, який пішов на титрування, мл; V_2 – об'єм води, що видалили після розморожування, мл.

Знаючи скільки аскорбінової кислоти в мг було додано до крохмального клейстеру і скільки аскорбінової кислоти перейшло у воду після відтавання клейстеру, розраховали кількість адсорбованої аскорбінової кислоти кріомодифікованим крохмалем у відсотках.

Результати досліджень представлені на рисунку 3.

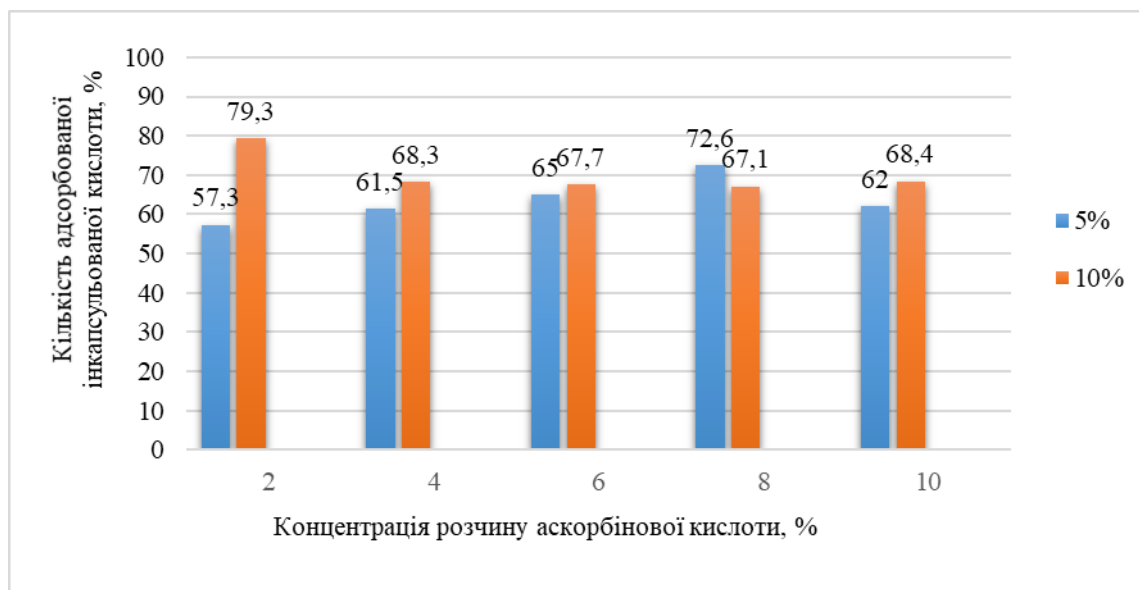


Рис. 3. Залежність кількості адсорбованої пористим крохмалем аскорбінової кислоти від концентрації крохмального клейстеру

Дослідження показали що модифікований крохмаль, отриманий заморожуванням-відтаванням крохмальних клейстерів, здатен інкапсулювати низькомолекулярні речовини, що було доведено на прикладі аскорбінової кислоти. Кількість зв'язаної аскорбінової кислоти залежить від концентрації кукурудзяного крохмального клейстеру з якого був приготовлений модифікований крохмаль. Найбільше аскорбінової кислоти сорбував пористий крохмаль, отриманий з клейстеру концентрацією 10%.

Підсумовуючи, зазначимо, що шляхом глибокого заморожування водних клейстеризованих дисперсій крохмалю низьких концентрацій, отримано модифікований крохмаль, який має пористу структуру і може бути використаний у якості інкапсулюючого агента для БАР.

З отриманих результатів досліджень видно, що завдяки модифікації шляхом заморожування-відтавання крохмального клейстеру, стійкість крохмалю до ферментативного гідролізу підвищується і він може вважатися резистентним. Модифікований резистентний крохмаль, отриманий з кукурудзяного клейстеру концентрацією 5 %, найстійкіший до дії травних ферментів, при його гідролізі за визначених умов утворюється найменша кількість редукувальних речовин.

З отриманих даних бачимо що найбільша кількість інкапсульованої аскорбінової кислоти спостерігається для модифікованого крохмалю отриманого з кукурудзяного клейстеру концентрацією 10%, збагаченого 2% розчином аскорбінової кислоти, найнижча кількість – з клейстеру кукурудзяного крохмалю концентрацією 5% при додаванні 2%-го розчину аскорбінової кислоти.

Інкапсулювання аскорбінової кислоти у полісахаридну матрицю дає можливість підвищити її стійкість до дії високих температур і світла. Використання у рецептурах харчових продуктів порошків пористого крохмалю з інкапсульованою аскорбіновою кислотою, дає змогу розробляти технології харчових продуктів, збагачених БАР, профілактичного і оздоровчого призначення.

7.2 Сучасні методи визначення якісних показників харчових продуктів

Вступ. Загальні поняття якості харчових продуктів

Якість продукції — це сукупність властивостей продукції, яку обумовлюють її придатність, задовольнити певні потреби відповідно до призначення.

Під **якістю харчових продуктів** розуміють сукупність властивостей товарів, що зумовлюють їх придатність задовольняти фізіологічні потреби людини в їжі. [234]

- Формування якості товару – встановлення, підтримування суспільно необхідного рівня якості товару на всіх етапах виробництва і надходження до споживача (ДСТУ 3993-2000) [234]

- Якість харчового продукту - це сукупність характеристик, які визначають ступінь його здатності забезпечувати стабільність складу та корисних властивостей протягом терміну придатності. Важливою складовою якості є безпечність харчового продукту для здоров'я людини. Під час тривалого зберігання якість переважної кількості харчових продуктів погіршується: змінюються органолептичні властивості; знижується біологічна цінність; накопичуються шкідливі для здоров'я продукти розпаду білків, вуглеводів, окиснення жирів; можуть утворюватися отруйні речовини; підвищується вміст сапрофітної мікрофлори й розмножується хвороботворна. [243]

- На противагу - якість деяких харчових продуктів покращується під час зберігання (свіжі плоди й овочі дозрівають, у ферментованих продуктах формуються специфічні смакові властивості), однак після певного терміну вона починає погіршуватися.

- Пріоритетним завданням при виробництві харчових продуктів і прогнозуванні терміну зберігання є відповідність органолептичних біохімічних, мікробіологічних, структурно-механічних та інших показників якості вимогам стандартів і фізіологічним потребам людини. Саме тому необхідно розробити

модель продукту, враховуючи його хімічний склад, органолептичну оцінку, структурно-механічні властивості, та визначити кінетику їхніх змін.

- Для збереження якості продукту на етапі розробки та впровадження у виробництво важливо оптимізувати співвідношення показників, що впливають на біологічну, харчову та енергетичну цінність за різними критеріями відповідності, і досягти характерних для розроблюваного продукту структурно-механічних властивостей, які характеризують органолептичні показники. [243].

- Впровадження основних елементів європейської моделі передбачає контроль на усіх етапах «з лану до столу» і регулярні перевірки за ризик-орієнтованою моделлю. У свою чергу якість харчових продуктів залежить від факторів сфери виробництва сировини як рослинного, так і тваринного походження, умов та технологій вирощування, зберігання, транспортування, сфери переробки, що включає процеси, обладнання, засоби управління, автоматизації, контролю, сфери торгівлі і розподілу, що включає пакування, зберігання, транспортування, умов реалізації; сфери споживання з відповідним короткочасним зберіганням, умовами споживання і засвоєння. [241].

На всіх етапах проходження харчового продукту першочергове місце має кваліфікація працівника, якість документації. Якість продукції є основою конкурентоспроможності.

Якість харчових продуктів характеризується відповідністю органолептичних і фізико-хімічних показників нормам, що передбачені стандартами (ДСТУ ISO 9001:2001).

Показник якості – це кількісна характеристика одного або декількох корисних властивостей продукції. Показники якості харчових продуктів умовно об'єднують в групи: показники призначення, збереження, безпеки у споживанні, естетичні, транспортабельності. При оцінці продукції встановлюють **рівень її якості**, який полягає у **співвідношенні значень показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників** [236].

Харчові продукти за показниками якості поділяють на **стандартні** (відповідають всім вимогам стандарту), **нестандартні** (не відповідають за

одним або декількома показниками), **брак** (підлягають переробці), **абсолютний брак** (не можуть використовуватись в їжу).

Для оцінки якості продукції використовується система показників, які групуються на одиничні (диференційовані), комплексні, узагальнюючі.

Одиничні показники якості характеризують одну з властивостей продукції (товарів) і класифікуються за такими групами: призначення, економічності, надійності, технологічності, ергономічності, безпеки, естетичні, стандартизації та уніфікації, патентно-правові, транспортабельності, екологічності, взаємозамінності. Одиничний показник якості характеризує одну з властивостей продукції, а комплексний – декілька її властивостей.

В окремих випадках якість продукції оцінюють **по одному показнику, який визначає загальну якість**.

Так як ступінь вагомості окремих показників якості неоднакова, вводять коефіцієнти вагомості. Вони широко застосовуються при визначенні органолептичних показників якості. **Коефіцієнт вагомості** – кількісна характеристика важливості даного показника якості продукції серед інших показників. При порівняльній оцінці якості продукції за основу приймають основне, або базове значення показника якості продукції.

В нормативній документації встановлені **регламентовані значення показників якості** харчових продуктів, при цьому вказуються їх граничні значення, тобто найбільші або найменші регламентовані значення показників якості.

На деякі показники якості встановлюються **допустимі відхилення**, тобто відхилення фактичного значення показника якості продукції від номінального значення, яке знаходиться в межах, що встановлені нормативною документацією. При оцінці якості продукту встановлюють **рівень якості** – відносну характеристику якості продукції, засновану на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції, визначення значень цих показників і їх порівняння з базовими. Головним при оцінці якості продукції є **технічний контроль**, тобто перевірка відповідності продукції чи процесу, від яких

залежить їх якість, що встановлене технічними вимогами (ДСТУ ISO 9000:2001 «Системи управління якістю – Вимоги»).

Придатною вважається продукція, яка відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації. Кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам є дефектом.

Критичним вважають дефект, при наявності якого використання продукції за призначенням майже неможливо або недопустимо.

Значний дефект відчутно впливає на використання продукції за призначенням або на її термін придатності, але не є критичним.

Незначним вважають дефект, який в незначній мірі впливає на використання продукції за призначенням та термін її зберігання. Наприклад, потертості і легкі порізи плодів і овочів.

Виправним є дефект, який технічно і економічно доцільно усунути.

Невиправним – дефект, який усунути неможливо.

Бракованою є продукція, реалізація якої споживачеві не допустима з-за наявності дефектів.

Диференційований метод оцінки рівня якості передбачає порівнювання одиничних показників виробів із відповідними показниками виробів-еталонів або базовими показниками стандартів (технічних умов). Оцінка рівня якості за цим методом передбачає обчислення значень відносних показників якості дослуджуваного зрозка до еталонного (стандартного).

Комплексний метод полягає у визначенні узагальнюючого показника якості оцінюваного виробу, характеризують кілька властивостей виробів, дозволяють охарактеризувати якість об'єкта в цілому або групу його властивостей. Одним з таких може бути Інтегральний показник, який обчислюється через порівнювання корисного ефекту від споживання (експлуатації) певного виробу. Іноді для комплексної оцінки якості застосовують середньозважену арифметичну величину з використанням за її обчислення коефіцієнтів вагомості всіх розрахункових показників.

Узагальнюючі показники характеризують загальний рівень якості продукції: обсяг і частку прогресивних видів виробів у загальному випуску, сортність (марочність), економічний ефект і додаткові витрати, пов'язані з поліпшенням якості. (Джерело: <http://www.klubok.net/article244.html>)

Залежно від способу одержання інформації методи оцінки якості продукції поділяють на об'єктивні (вимірювальний і реєстраційний), органолептичні та розрахункові.

Вимірювальний метод — передбачає використання при оцінці якості продукції технічних засобів контролю, називають лабораторним методом, показники якості визначають за допомогою спеціальної апаратури, реактивів, посуду та іншого допоміжного приладдя.

Реєстраційний метод ґрунтується на спостереженні і підрахунку кількості предметів, випадків.

Органолептичний метод визначення показників якості – це метод визначення показників якості товару на основі аналізу сприйняття органів чуттів людини.

Розрахунковий метод використовується при визначенні показників якості новостворених виробів.

В залежності від джерел інформації методи оцінки якості поділяються на:

- традиційний (оцінка якості продукції в спеціалізованих підрозділах);
- експертний (використовується для оцінки показників якості на підставі рішення, прийнятого експертами).

- соціальний (*соціологічний*) (ґрунтується на визначенні якості продукції на підставі збирання та аналізу думок його фактичних або потенційних споживачів). Споживна властивість товару – властивість товару, яка обумовлює його корисність і здатність задовольняти потреби споживачів і проявляється в процесі споживання (ДСТУ 3993-2000).

В окрему групу виділяються статистичні методи оцінки якості продукції, які ґрунтуються на використанні методів математичної статистики і мають вибіркового характеру.

При розробці нової продукції в науковій та практичній роботі найчастіше використовують та класифікують методи оцінки якості продуктів: органолептичні, лабораторні, розрахункові, експертні.

Лабораторні методи за сутністю процесів, що лежать в їхній основі, поділяються на фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні.

Фізичні метод - приладний метод, у якому за допомогою спеціальних приладів визначають показники якості, що характеризують фізичні властивості продукції (густина - за допомогою ареометрів), показник заломлення – рефрактометром).

Хімічні методи - визначення показників якості базуються на результатах хімічних реакцій з тією речовиною, яку необхідно визначити (кислотність, лужність за реакцією нейтралізації, за реакцією заміщення аргентометричним методом між азотнокислим сріблом і хлоридом натрію для визначення кухонної солі).

Фізико-хімічні методи визначення показників якості, які передбачають визначення хімічного складу продуктів за допомогою фізичних приладів (хроматографія, методи спектрального аналізу, масової частки вологи шляхом висушування, кількості сухих речовин у розчинах за допомогою рефрактометра).

Біологічні методи визначення показників якості, що включають мікробіологічні та фізіологічні методи:

– **мікробіологічні методи** - визначають загальну кількість мікроорганізмів та їх видовий склад;

– **фізіологічні методи** застосовують при визначенні впливу окремих компонентів на організм людини (клінічні дослідження нових видів продуктів).

Переваги лабораторних методів:

– точне кількісне визначення хімічного складу товарів;

– кількісне визначення фізичних показників;

– відтворюваність результатів визначення.

Недоліки лабораторних методів:

– великі витрати на проведення (устаткування, реактиви, підготовка кадрів);

- тривалість визначення;
- обмежені можливості проведення.

Органолептичні методи передбачають визначення узагальненої оцінки якості продукції за допомогою органів чуття: зору, слуху, дотику, смаку, запаху.

У літературі терміни «органолептична оцінка» і «органолептичний (сенсорний) аналіз» дуже часто застосовуються як рівнозначні. Сучасний рівень розвитку науки органолептики свідчить про те, що ці поняття необхідно розділити.

Термін «органолептичний» походить від грецьких слів «organon» (знаряддя, інструмент, орган) і «leptikos» (схильний приймати) і означає: «виявлений за допомогою органів чуттів».

Термін «сенсорний» також означає «чутливий» і походить від латинського слова «sensus» (почуття, відчуття).

Органолептичні властивості – це властивості об'єктів, що оцінюються за допомогою органів чуттів людини (смак, запах, консистенція, колір тощо).

Під *органолептичною оцінкою якості* товарів розуміють загальні прийоми оцінки, при якій інформація про якість продуктів сприймається за допомогою органів чуттів людини.

На відміну від органолептичного *сенсорний аналіз* базується на застосуванні науково обґрунтованих методів і умов, що гарантують точність і відтворюваність результатів такого аналізу. Це оцінка якості висококваліфікованими фахівцями, які достатньою мірою знають особливості продукту, володіють методикою визначення окремих органолептичних показників та їх сукупності.

За допомогою **зору** визначають:

- *зовнішній вигляд* – загальне зорове відчуття, яке продукт викликає у споживача;
- *форму* – геометрична конфігурація продукту;
- *колір* – враження, викликане світловим імпульсом, яке визначається домінуючою довжиною та інтенсивністю світлової хвилі;

- *блиск* – здатність продукту відбивати велику частину променів, які падають на його поверхню;

- *прозорість* – властивість рідких продуктів пропускати світловий потік через шар певної товщини.

За допомогою глибокого дотику визначають:

- *консистенцію* – властивість, що обумовлена його структурою і визначається ступенем деформації цієї структури під впливом зовнішніх сил;

- *щільність* – здатність протистояти надавлюванню;

- *еластичність* – здатність відновлювати свою початкову форму після припинення зовнішнього впливу (якщо цей вплив не перевищив критичну величину).

За допомогою органу нюху визначають:

- *запах* – враження, що виникає при дії на рецептори нюху пахучих речовин (приємний і неприємний, бажаний і небажаний);

- *аромат* –приємний запах, що формується у процесі природного утворення продукту (фруктовий, квітковий, молока, риби);

- *букет* –приємний запах, який формується унаслідок складних процесів, що відбуваються при виробництві ряду продуктів (сир, чай, вино);

Показники, що визначаються у порожнині рота:

- *соковитість* – враження, яке відтворюється соками продукту при його розжовуванні;

- *ніжність* – умовний термін, що може характеризувати ступінь опору, який чинить продукт під час розжовування;

- *волокнистість* – враження, що виникає при розжовуванні продукту багатого волокнами як рослинного, так і тваринного походження;

- *смак* – відчуття, що виникає при дії смакових речовин на рецептори смаку;

- *терпкість* – специфічне відчуття, що викликається внаслідок неглибокої денатурації білків слизової оболонки рота під впливом деяких органічних речовин (дубильних, протопектину);

· *смаковитість або флевор* – комплексне відчуття, що виникає при розподілі продукту в порожнині рота під впливом смакових, пахучих речовин і дотику.

Показник, що визначається за допомогою **слуху**: *хруст* – відчуття, що виникає при розжовуванні продуктів, які мають кристалічну структуру (цукор, мінеральні домішки) або твердість (фрукти, овочі, шоколад).

Переваги органолептичного методу:

- швидкість визначення показників якості;
- малі економічні витрати на його проведення;
- доступність.

Недоліки органолептичного методу:

- суб'єктивність оцінки;
- неможливість одержання точних кількісних характеристик хімічного складу, фізичних властивостей, повного уявлення про якість продукту;
- слабка верифікованість (доказ того, що вірогідний факт або твердження є істинним), ;
- низька відтворюваність результатів визначення.

Сучасні методи оцінки якості харчових продуктів

Кваліметричні методи. Кваліметрія (лат. *Qualitas* – якість, грец. *Μετρίω* - міряю) — наука про оцінку якості об'єктів, вивчає та реалізує методи і засоби кількісної оцінки якості продукції. [238. 237]. Термін запропонований групою радянських вчених в 1968 році. Сьогодні кваліметрію розглядають як частину теорії прийняття рішень .

Кваліметрія передбачає структурування об'єкта вивчення (об'єкт у цілому - перший рівень спільності), поділ його на складові частини (другий рівень), які у свою чергу поділяються на частини (третій рівень), можна за потреби поділ робити і далі. В результаті аналізу структури об'єкта виходить ієрархічна система, що зазвичай має вид схеми або таблиці. Далі розробляється експертна оцінка для «вимірювання» кожної якісної складової та встановлення її вагомості

(важливості), поєднання цих оцінок за певними правилами в загальну оцінку об'єкта.

Оцінка якості товарів і послуг підприємств ресторанного господарства має відповідати наказу Мінекономіки України від 22.07.2008 р №295 «Методичні рекомендації щодо забезпечення якості та безпеки товарів і послуг підприємств ресторанного господарства» [235].

Тобто комплексна оцінка якості розраховується в певній послідовності за певним алгоритмом, виходять із загальних принципів кваліметрії [238,239, 245-247]:

➤ окремі властивості об'єкту (продукції, послуг) складають ієрархічну структуру її якості; властивості i -го рівня визначаються відповідними властивостями $(i+1)$ -го рівня ($i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$);

➤ властивостям відповідають вимірювані або обчислені чисельні характеристики - абсолютні показники (P_{ij});

➤ різні шкали вимірювання абсолютних показників властивостей трансформують в одну загальну шкалу (безрозмірну);

➤ вимірювані окремі властивості, якості перераховують в відносний показник (оцінку) якості $K_{ij} = f (P_{ij}, P_{ij \text{ баз}})$, де $P_{ij \text{ баз}}$ - базовий показник, який приймають за початковий при порівняльних оцінках якості, що часто відповідає стандартним якостям продукту, послуги. Для харчових продуктів частіше застосовують диференціальний метод оцінки, який полягає в тому, що значення показників продукції, що оцінюється, порівнюються з базовими;

➤ кожна властивість якості визначається двома числовими параметрами: відносним показником K_{ij} і коефіцієнтом вагомості (вагомністю) m_{ij} ;

➤ сума коефіцієнтів вагомості властивостей одного рівня є величина - постійна, коефіцієнт вагомості кожного показника якості об'єкта є кількісною характеристикою його значущості, сума коефіцієнтів вагомості в межах кожної групи показників і сума коефіцієнтів вагомості всіх виділених груп показників якості виробу приймається рівною одиниці:

$$\sum_{i=1}^n m_{ik} = 1; \quad \sum_{k=1}^l M_k = 1.$$

➤ Визначається значущість показників у групі одного рівня.

Алгоритм комплексної оцінки якості включає наступні основні етапи [245,246].

Етап 1. Складання ієрархічної структури властивостей об'єкту (продукції), необхідних і достатніх для оцінки його якості.

При цьому на найнижчому ієрархічному рівні звичайно вказуються прості властивості. Будь-яка продукція володіє широким комплексом властивостей. На початковому етапі складається перелік властивостей, що стосується здатності задовольняти певні потреби. Одиничні показники якості розподілити у відповідні групи за певними ознаками, сукупність показників якості розподіляються у порядку підлеглості нижчих елементів вищим, створюючи, так названу *ієрархічну структуру*.

Приклад будови ієрархічного дерева властивостей

Для розрахунку комплексного показника якості будують ієрархічне дерево властивостей (рис. 1).

Для оцінки якості виробу за комплексним показником (K_0) згідно методики розрахунку, яка розроблена д.т.н. Дорохович А.М. [240].

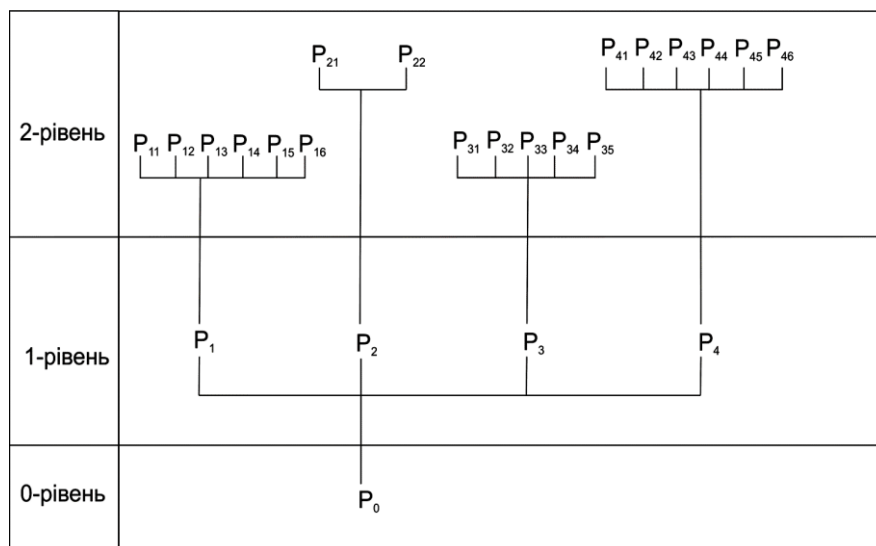


Рисунок 1. Ієрархічне дерево властивостей,

де P_1 – загальний показник органолептичних властивостей, P_2 – загальний показник фізико-хімічних властивостей, P_3 – загальний показник мікробіологічних властивостей, P_4 – загальний показник вмісту важких металів.

На другому рівні показники P_1, P_2, P_3, P_4 диференціюються на показники, що вказані у ТУ.

P_{11} – смак, P_{12} – запах, P_{13} – зовнішній вигляд, P_{14} – форма, P_{15} – консистенція, P_{16} – структура. Органолептичні показники відображаються в балах, за 5-ти бальною системою.

P_{21} – вміст сухих речовин, %, P_{22} – масова частка золи, %.

P_{31} – вміст мезофільних аеробних, факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО у $\times 10^{-3}$ кг.

P_{32} – вміст бактерій групи кишкової палички в масі продукту $0,1 \times 10^{-3}$ кг.

P_{33} – вміст патогенних мікроорганізмів, у т. ч. бактерії роду Сальмонала в масі продукту 25×10^{-3} кг.

P_{34} – вміст пліснявих грибів, КУО.

$P_{41}, P_{42}, P_{43}, P_{44}, P_{45}, P_{46}, P_{47}$ – вміст свинцю, кадмію, миш'яку, ртуті, міді, афлотоксинів.

Етап 2. Вимірювання властивостей (визначення значень показників якості P_{ij} , Призначення інтервалу зміни значення P_{ij} ($P_{ij}^{\max} \div P_{ij}^{\min}$) для кожного показника. Залежно від використовуваних засобів застосовують різні методи визначення значень показників якості продукції: інструментальний, розрахунковий, органолептичний (сенсорний), соціологічний, експертний. Проводять одночасно призначення інтервалу зміни значення кожного показника. Для їх призначення слід розглянути властивості, що характеризують показники.

Критичні властивості - група властивостей, які однозначно визначають можливість використання харчових продуктів - придатні або непридатні. До цієї групи відносяться мікробіологічні показники, які впливають на придатність та безпеку виробів.

Істотні властивості - група властивостей, що визначають цінність харчових продуктів -показники харчової цінності, яка поділяється на енергетичну (білки, жири, вуглеводи), та харчову (вітаміни, мінеральні речовини), показники біологічної цінності.

Другорядні властивості - такі властивості, вплив яких на комплексну оцінку якості продукту менш значно, можна віднести тривалість кулінарної обробки, вологоутримуючу здатність тощо.

Етап 3. Вибір шкали розмірності комплексної оцінки K_0 для приведення одиниць вимірювання простих властивостей до одного вигляду.

Виражені в різних одиницях вимірювання (% , Н, кг, кДж, °С, кВт, бали і т.п.) значення показників якості продукції (абсолютні) неможливо звести в загальний комплексний показник без трансформації їх до загальної шкали вимірювання (наприклад, балової). Найбільш застосовною є безрозмірна шкала. Безрозмірне значення показника якості, виражене в одиницях шкали відносин, - це в скільки разів дана величина в одиницях певної розмірності більше іншої заданої величини, вираженої в одиницях тієї ж розмірності.

Зі всієї сукупності можливих методів аналізу одним з найбільш перспективних є бальний метод. Його можна використовувати не тільки для аналізу, але й для планування й прогнозування. Цей метод дозволяє об'єктивувати сукупність суб'єктивних думок (при органолептичному й експериментальному методах виміру показників якості).

Етап 4. Вибір на кожному рівні розгляду властивостей базових показників для порівняння з вимірними ($P_{ij}^{баз}$). В основі оцінки якості продукції (послуги) лежить порівняння. Базою порівняння є базовий зразок. Відповідно до ГОСТ 2.116-84, базовий зразок продукції - це зразок продукції, який прийнятий для порівняння при оцінці її технічного рівня і якості, характеризує передові науково-технічні досягнення на встановлений період. Залежно від мети оцінки якості за базові показники можуть бути прийняті різні значення: наприклад, показники якості деяких кращих зразків продукції (послуг), що виробляється в країні або за кордоном; показники якості, досягнуті в деякому попередньому

періоді часу; показники перспективних зразків, знайдені експериментальним або розрахунковим шляхом. Як базові показники якості використовують також вимоги, що містяться в нормативній документації на деякі види продукції (послуги).

Етапи 5 і 6. Визначення виду залежності між показниками простих властивостей та показниками оцінки їх базових значень - показниками P_{ij} простих властивостей і їх оцінками K_{ij} та обчислення оцінок окремих (простих) властивостей K_{ij} .

Етап 7. Визначення способу (методу) знаходження вагомості M_{ij} , прийнятного для отримання комплексних оцінок якості K_0 . Значення коефіцієнтів вагомості визначають різними методами.

Етап 8. Вибір методу зведення воедино оцінок окремих властивостей K_{ij} для отримання комплексних оцінок якості. Обґрунтування функціональної залежності комплексної оцінки від одиничних показників (оцінок) є найбільш складною проблемою кваліметрії. Для отримання комплексної оцінки якості експертними методами застосовуються різні середньозважені залежності (середнє арифметичне зважене, середнє геометричне зважене, середнєо гармонічне тощо). Найбільш поширена середнє арифметичне зважене.

Етап 9. Обчислення комплексної оцінки якості K_0 . Математична модель комплексного показника повинна відображати ієрархічну структуру властивостей, що враховуються для характеристики якості об'єкту. Складність моделі залежить від кількості ієрархічних рівнів вибраної системи показників якості.

Етап 10. Аналіз отриманих результатів і прийняття рішення.

Для проектування нового продукту, контролювання якості виготовляємих продуктів вимагається постійний контроль якості продукції. Зіставлення показників якості оцінюваного зразка з показниками якості базового зразка лежить в основі оцінки якості продукції.

Методика визначення комплексної оцінки якості кулінарної продукції складається з п'яти наступних кроків :

1) Визначення показників заданої кулінарної продукції за формулою:

$$P_{ij} = M_{ij} / \sum M_{ij}, \quad (1)$$

де M_{ij} – значення i -го показника ($i = 1, 2, 3... n$) якості продукції, що оцінюється; n – кількість оцінюваних показників у j -ої групи кулінарної продукції.

2) Нормативні показники, які розраховуються за допомогою базових значень за формулою 2:

$$P_{ij}^{baz} = M_{норм\ ij} / \sum M_{норм\ ij}, \quad (2)$$

де $M_{норм\ ij}$ – нормативний показник i -ого якісного показника у j -ій групі кулінарної продукції.

3) Оцінки одиничних показників якості розраховують за співвідношенням показників досліджуваного до нормативного за формулою:

$$K_{ij} = (P_{ij} / P_{ij}^{baz})^z, \quad (3)$$

де z – показник, залежний від зв'язку між зміною показника якості продукції ($z = 1$ при прямому зв'язку – з підвищенням значення показника рівень якості підвищується, і $z = -1$ при зворотному – з підвищенням значення показника рівень якості знижується).

3) Коефіцієнтів вагомості m_{ij} розраховуються за формулою співвідношень сум нормованих базових показників до досліджуваних:

$$m_{ij} = \frac{\frac{\sum P_{ij}^{baz}}{P_{ij}^{baz}}}{\sum \left(\frac{\sum P_{ij}^{baz}}{P_{ij}^{baz}} \right)}. \quad (4)$$

Для зведення оцінок окремих властивостей приймали адитивну модель комплексної оцінки у вигляді середньозваженої арифметичної величини.

Коефіцієнти вагомості визначали розрахунковим методом за методикою, викладеною в [245].

Коефіцієнти вагомості окремих показників менші за одиницю; сума коефіцієнтів вагомості на кожному з ієрархічних рівнів дорівнює 1; $0 \leq m_i \leq 1$.

Значення коефіцієнтів вагомості визначають різними методами - вартісних регресивних залежностей, граничних і номінальних значень, еквівалентних співвідношень, статистичним (кореляційним і регресійним), експертним.

Значення коефіцієнтів вагомості при порівнянні харчової цінності розраховують за формулою:

$$m_i = \frac{\frac{\sum C_{ij}}{C_i}}{\sum \left(\frac{\sum C_{ij}}{C_i} \right)} \quad (5)$$

де m_{ij} – коефіцієнт вагомості i -го компонента всередині групи найнижчого рівня диференціації;

C_i – маса i -го компонента в збалансованій мегакалорії;

n_j – кількість харчових речовин, які створюють j -у групу;

$\sum C_{ij}$ – маса компонентів j -ї групи харчових речовин в збалансованій одиниці добової потреби;

$\sum C_i$ від 1 до t – кількість груп речовин, які враховуються при оцінці харчової цінності.

Даний метод був обрано тому, що він менш трудомісткий, його можна застосовувати у будь-якому конкретному дослідженні без обмежень на склад та чисельні значення контролюємих показників якості, а також дозволяє враховувати діючу нормативну базу.

4) Якщо властивості (показники) об'єднуються в групи (дворівнева ієрархічна структура системи показників), математична модель комплексного показника властивостей продукту визначимо за допомогою адитивної моделі як середньозваженої арифметичної величини матиме вигляд:

$$K_o = \sum_{i=1}^t M_j \cdot \sum_{j=1}^{n_i} m_{ij} \cdot K_{ij} \quad (6)$$

де t - кількість груп показників якості продукції;

M_j - коефіцієнт вагомості j -ої групи показників якості продукції;

n_j - кількість одиничних показників якості, що входять у j -у групу;

m_{ij} - коефіцієнт вагомості i -го показника j -ої групи;

K_{ij} - відносне значення i -го показника якості, що входить до j -ої групи.

Якщо усередині групи властивості (показники) розділені на підгрупи, то комплексний показник повинен вже обчислюватися за формулою:

Для трирівневої ієрархічна структура системи показників, тобто усередині групи властивості (показники) розділені на підгрупи, то комплексний показник повинен обчислюватися за формулою:

$$K_o = \sum_{k=1}^z M_k \times \sum_{j=1}^{t_k} M_{jk} \times \sum_{i=1}^{n_{jk}} m_{ijk} \times K_{ijk} \quad , \quad (7)$$

де z - кількість груп показників якості;

t_k - кількість підгруп у k -ій групі показників;

n_{jk} - кількість одиничних показників якості, що входять в j -у підгрупу k -ої групи.

При застосуванні експертних методів для визначення коефіцієнтів вагомості мають місце: метод переваг, метод рангів, метод попарного зіставлення і метод Дельфі [245].

В основу методу Дельфі покладений метод рангів, який проводиться в декілька турів. Цей метод був застосований проф. Б.Г. Шелегедою при вивченні якості роботи закладів ресторанного господарства. Були отримані наступні коефіцієнти вагомості показників: різноманітність їжі - 0,35; смакові властивості їжі - 0,56; зовнішній вигляд страв - 0,09.

У цьому ж дослідженні паралельно був використаний соціологічний метод визначення коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості, заснований на обробці результатів спеціальних анкетних опитувань споживачів (розрахунок відносної частоти негативних відповідей на питання анкети). Отримані результати узгоджуються з результатами експертного методу. Коефіцієнти вагомості мали значення відповідно 0,28, 0,65 і 0,07. Тобто споживачі більше ціняють смакові властивості їжі.

При застосуванні метода переваг [245], при якому експерти нумерують вагомості усіх показників якості в порядку їх переваги, а саме, щоб найбільш важливий з них отримав вагомості під номером 1, наступний по важливості — номер 2 тощо. Потім визначаємо середньоарифметичну величину по кожному показнику з урахуванням думки усіх експертів.

Визначають коефіцієнти вагомості m_i , виходячи з оцінок усіх експертів по кожному показнику в усій їх сукупності [2]:

$$R_i = \sum_{j=1}^k R_{ij} , \quad (8)$$

де R_i — сума перетворених рангів, присвоєних експертами кожному показнику якості;

$$m_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} , \quad (9)$$

m_i — коефіцієнт вагомості показників якості;

k — кількість експертів;

n — кількість показників якості, вагомості яких визначається.

Отримані дані експертним методом мають задовольняти уявленням про вагомості груп шуканих показників та дотримуватись умова [245, 247], де сума коефіцієнтів вагомості має складати 1, тобто

$$\sum m_{ij} = 1. \quad (10)$$

Згідно формул (8-10) проводять розрахунок коефіцієнтів вагомості.

Обґрунтування функціональної залежності комплексної оцінки від одиничних показників (оцінок) є найбільш складною проблемою кваліметрії. Для отримання комплексної оцінки якості експертними методами застосовуються різні середньозважені залежності: арифметична, геометрична, гармонійна, квадратичні. У деяких випадках застосовуються поєднання різних середньозважених величин [248].

Функція бажаності Харрінгтона. Крім вищеназваного застосовують аналіз оцінок якості окремих властивостей з використанням графіка функції

бажаності Харрінгтона для властивостей різних груп, що передбачає поділ всього інтервалу значень функції бажаності на ряд проміжків (градацій якості): погана якість, задовільна, хороша і відмінна. Всередині трьох основних проміжків - погана якість, задовільна, хороша - вибираються базові точки, які задовольняють граничним значенням якості.

Є. Харрінгтон вибрав як такі точки значення 0,37; 0,63; 0,80. Точка 0,37 відповідає місцю перегину кривої. Нижче цієї точки якість вважається поганою. Точки 0,63 і 0,80 – показники, які відповідають нижнім межах доброї і відмінної якості. Методика застосування функції бажаності Харрінгтона представлена в методичному посібнику С.Л. Ахназарової та Л.С. Гордєєва [237].

Спосіб визначення критерію якості виробів за площами профілограм якості. Принцип застосування оснований на обробленні одиничних показників якості органолептичних, фізико-хімічних та інших показників якості із застосуванням аналізу побудованих пелюсткових профілограм методом співставлення площ отриманих профілограм.

Алгоритм побудови пелюсткової діаграми

Для побудови пелюсткової діаграми необхідно виконати таку послідовність дій:

1. Дані експериментів внести в таблицю в табличному редакторі Microsoft Office Excel. Пелюсткова діаграма - це одна з варіацій кругової діаграми, але тут вона виділена в окремий тип. Цю форму представлення даних зручно використовувати, наприклад, для відображення декількох груп даних, розподілених по групах, по чінтервалу отримання даних.

2. Виділити діапазон комірок, який потрібно представити у вигляді діаграми. Якщо у цього діапазону є заголовки колонок і стовпців, то їх теж можна виділити - Excel зможе відрізнити написи від осередків з даними і включити в діаграму в якості «легенди» та підписів до секторів. Бажано щоб кількість стовпців з даними не перевищувало семи - така рекомендація корпорації Microsoft.

3. Перейти на вкладку «Вставка» в меню табличного редактора і в групі команд «Діаграма» натиснути на кнопку «Інші діаграми». В нижньому рядку в списку розміщені три варіанти пелюсткових діаграм - виберіть з них потрібний. Краще взяти пелюсткову з маркерами (вона наочніше). Excel зробить необхідні дії і помістить готову діаграму на цю ж сторінку документа. При цьому в меню редактора додадуться три додаткові вкладки, призначені для редагування діаграми - «Макет», «Формат» та «Конструктор». За замовчуванням активована буде вкладка «Конструктор».

4. Розкрити один з списків в групах команд «Макети діаграм» або «Стилі діаграм», якщо необхідно змінити зовнішній вигляд, використаний редактором при створенні діаграми. У ці списки поміщені готові варіанти оформлення, а на вкладках «Макет» і «Формат» ви зможете самостійно налаштувати практично кожен аспект зовнішнього вигляду пелюсткової діаграми - підібрати кольори, рельєфність, матеріал, тіні, варіанти колірної заливки, перемістити написи або відключити їх тощо.

5. Використати кнопки в групі команд «Дані» вкладки «Конструктор», якщо необхідно змінити діапазон комірок, який використовується для формування діаграми, або рядок і колонку, що містять заголовки легенди. В групу команд «Тип» поміщені кнопки для збереження створеного варіанту оформлення як шаблон і кнопки заміни пелюсткової діаграми на **діаграму** якогось іншого типу. Кнопка в групі команд «Розташування» призначена для переміщення діаграми як в межах поточного аркуша, так і на інші аркуші книги.

При написанні алгоритму використано посилання <http://tips-ua.com/66251-yak-pobuduvati-pelyustkovu-diagramu.html>

Алгоритм комплексної оцінки якості за значенням площ профілограм представлено в патенті 51465 [240] авторів Зінченко Т. В. та Корецької І.Л., включає наступні основні етапи:

Етап 1. Складання ієрархічної структури властивостей об'єкту (продукції), необхідних і достатніх для оцінки його якості.

Етап 2. Вимірювання властивостей (визначення значень показників якості P_{ij} , Призначення інтервалу зміни значення P_{ij} ($P_{ij}^{\max} \div P_{ij}^{\min}$) для кожного показника.

Етап 3. Переведення одиниць вимірювання в безрозмірні одиниці (за потреби) - приведення одиниць вимірювання простих властивостей до одного вигляду.

Етап 4. Складання математичної моделі і розрахунок критерію якості виробів.

Етап 4. 1. Отримання за допомогою операційного середовища Excel пелюсткової діаграми – профілограми за отриманими безрозмірними даними.

Етап 4. 2. Визначення критерію «багатокутника якості» (F).

Значення комплексного критерію відповідає площі багатокутника, в якому відстані від його центру до вершин рівні нормованим значенням окремих показників якості f_j , $j = \overline{1, N}$, де N – кількість окремих показників якості.

Площа S багатокутника якості дорівнює сумі площ трикутників, утворених відповідними променями окремих (частинних) показників якості:

$$S = \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{2} \cdot f_j \cdot f_{j+1} \cdot \sin \frac{2\pi}{N} \right) = \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{N} \cdot \sum_{j=1}^N (f_j \cdot f_{j+1}), \quad \text{де } f_{N+1} = f_1 \quad (8.11)$$

Замість функції S доцільно використовувати іншу функцію F , яка відрізняється від S тільки сталим множником, який не впливає на вибір найбільшого значення.

Для вибору найбільш вдалого варіанту з найбільшим значенням комплексного критерію достатньо користуватись формулою критерію:

$$F = f_1 f_2 + f_2 f_3 + \dots + f_{N-1} f_N + f_N f_1 \quad (8.12)$$

Критерій «багатокутника якості» (F) є нелінійним. Для кожного зразку з набором значень окремих показників (f_1, f_2, \dots, f_N) за запропонованим способом можливе обчислення значення комплексного критерію F .

Етап 5. Вибір найкращого зразка. Кращим обирається той зразок, для якого величина F є більшою.

Спрощений спосіб визначення критерію якості виробів за площами профілограм якості. Для обробки результатів дослідження один з авторів пропонує спрощений спосіб, відміною якого від попередньо описаних є представлення отриманих результатів дослідження в таблиці табличного редактора Microsoft Office Excel без математичного опрацюванні і отримання співвідношення із завтосуванням коефіцієнтів вагомості та переведення одиниць вимірювання в безрозмірні одиниці. В статті [244] представлено результати досліджень гарбузово-морквяного напівфабрикату.

Алгоритм оцінки якості за спрощеним способом співвідношення значень площ профілограм якості включає наступні основні етапи.

Етап 1. Визначення властивостей об'єкту (продукції), необхідних і достатніх для оцінки його якості.

Етап 2. Вимірювання властивостей (визначення значень показників якості.,

Етап 3. Складання математичної моделі і розрахунок критерію якості виробів.

Отримання за допомогою операційного середовища Excel пелюсткової діаграми – профілограми за отриманими бальними, розмірними даними.

Визначення критерію «багатокутника якості» у вигляді значення площ (S) для кожного дослідного зразка.

Значення комплексного критерію відповідає площі багатокутника подібно представленому у попередньому методі, в якому відстані від його центру до вершин рівні значенням окремих показників якості f_j , $j = \overline{1, N}$, де N – кількість окремих показників якості.

Площа S багатокутника якості дорівнює сумі площ трикутників, утворених відповідними променями окремих (частинних) показників якості одного дослідного зразка (формула 12).

Етап 4. Вибір найкращого зразка.

Для вибору найбільш вдалого варіанту досліду необхідно знайти співвідношення площ показників якості кожного дослідного зразка до контрольного або лослідного з максимальним значенням S , або

$$K=S_i/S_{max}. \quad (8.13)$$

Зразок з найбільшим значенням критерію і є найкращий варіант.

Приклад застосування спрощеного способу визначення якісних показників за співвідношенням площ профілограм якості

Приклад 1. Порівняльна оцінка вмісту основних складових гарбуза, моркви та сумішей у трьох співвідношеннях 75:25; 50:50; 25:75 представлено в таблиці 1.

Виконано їх порівняльну оцінку, дані внесено в таблицю 1 редактора Microsoft Office Excel, побудовано пелюсткові діаграми для 5 варіантів досліджень, визначено площі пелюсткових діаграм, співвідношення площ пелюсткових діаграм до найбільшої з визначених.

Таблиця 1.

Хімічний склад, енергетична цінність, вміст харчових волокон

Складові	В 100 г гарбуза	Суміш №1 (75/25)	Суміш №2 (50/50)	Суміш №3 (25/75)	В 100 г моркви
Білки, г	1	1,075	1,15	1,225	1,3
Вуглеводи, г	4,4	5,025	5,65	6,275	6,9
Жири, г	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Енергетична цінність, Ккал	28	28,75	29,5	30,25	31
Харчові волокна, г	2	2,1	2,2	2,3	2,4
	S1	S2	S3	S4	S5
	35,21	37,68	40,17	40,76	45,21
	В 100 г гарбуза	Суміш №1 (75/25)	Суміш №2 (50/50)	Суміш №3 (25/75)	В 100 г моркви
S_i/S	0,78	0,83	0,89	0,90	1,00

На рис. 2 представлена колова пелюсткова діаграма хімічного складу гарбуза, моркви та їх сумішей



Рисунок 2. Діаграма хімічного складу гарбуза, моркви та їх сумішей

Для більшої наглядності виконано діаграму співвідношення площ пелюсткових колових діаграм з врахуванням хімічного складу, енергетичної цінності, вмісту харчових волокон (рис. 3).

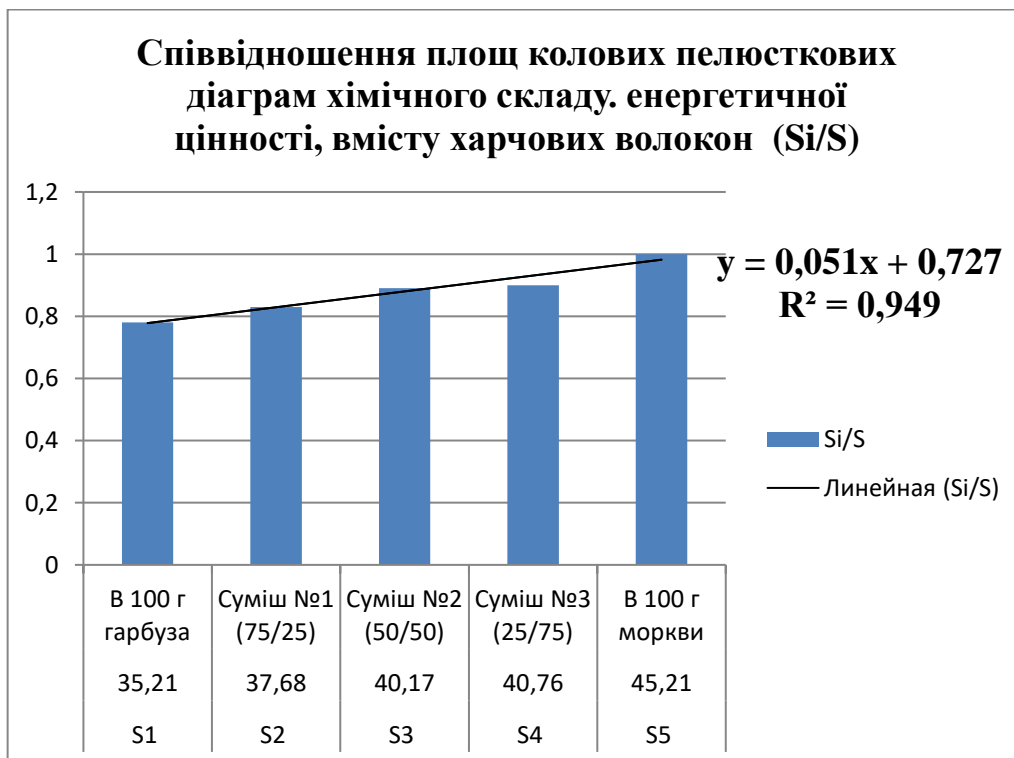


Рисунок 3. Співвідношення площ пелюсткових колових діаграм з врахуванням хімічного складу, енергетичної цінності, вмісту харчових волокон

Висновки. Представлено сучасні методики визначення показників якості харчових продуктів, у тому числі з вивчення ієрархічного дерева властивостей досліджуваного продукту, визначення показників якості та розподілом коефіцієнтів вагомості, розрахунком комплексного показника якості, оцінки якості страв за пелюстковими профілограмами якісних характеристик та за спрощеною методикою визначення співвідношення площ показників якості.

REFERENCES

1. Білецький Я.В., Пряха Б.Г. Про дисперсії геодезичних вимірів ((Інженерна геодезія, вип.49, 2003, С.36-46.
2. Korn Granino A., Korn T.M. Handbook of mathematics for scientific workers and engineers. – McGraw-HillBook Company Inc New York, Toronto, London, 1961. – 720 p.
3. Пряха Б.Г., Білецький Я.В. Про точність геодезичних вимірювань // Вісник геодезії та картографії. – 2003. – №3. – С. 43-49.
4. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Уч. пособ. для вузов. – М.: Логос, 2001. – 408 с.
5. Walpole Ronald E, Myers Raymond H. Probability and Statistics for Engineers and Scientists. 3-th edition, Macmillan Publishing Company. – New York, 1985. – 639 p.
6. Войтенко С. П., Лапицький І. В. До питання сучасного підходу оцінки точності геодезичних вимірювань //Інженерна геодезія. – Вип. 48. – 2002. – С. 55-57.
7. Пряха Б. Г. До оцінки похибок вимірювань у геодезичних побудовах //Вісник геодезії та картографії. – 2002. - №4. – С. 11-18.
8. Gladilin V. Determining the form of error distribution of geodetic measuring Geodesy and Cartography. Vol. 48 No 2, (2022). – P. 92-95.Doi.org/10.3846/gac.2019.6692
9. Gladilin V. Structural method for determining deformftions by geodetic measurements. Geodesy and Cartography Vol. 45 № 2, (2019). – P. 92 – 95. Doi.org/10.3846/gac2019.6692
10. Bollinger LA, Bogmans CWJ, Chappin E JL, et al. (2014) Climate adaptation of interconnected infrastructures: A framework for supporting governance. Regional Environmental Change 14(3): 919–931.
11. Coughlan S (2018) Fatberg boosts museum numbers. BBC News, 27 June. Available at: <https://www.bbc.co.uk/news/education-44615693> (accessed 3 January 2023).
12. Latour B (1991) Technology is society made durable. In: Law J (ed.) A Sociology of Monsters. London: Routledge, 103–131.
13. Smedberg A (2019) Affective infrastructuring. In: Who Cares? The Nordic Design Research Conference, Aalto, Finland, 2–4 June.
14. Star S (1999) The ethnography of infrastructure. American Behavioral Scientist 43(3): 377–391.
15. Star SL, Ruhleder K (1996) Steps toward an ecology of infrastructure: Design and access for large information spaces. Information Systems Research 7(1): 111–134.

16. Mounce, S.R., J.B. Boxall and J. Machell, 2008. Online application of ANN and fuzzy logic system for burst detection. Proceeding of the 10th annual water distribution systems analysis conference, WDSA, pp: 735-746.
17. Koppel, T., A. Vassiljev, D. Lukjanov and I. Annus, 2008. Use of pressure dynamics for calibration of water distribution system and leakage detection. Proceeding of the 10th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference, WDSA, pp: 704-715.
18. Rao, Z. and F. Alvarruiz, 2007. Use of an artificial neural network to capture the domain knowledge of a conventional hydraulic simulation model. J. Hydroinformatics, 9(1): 15-24.
19. Hornik, K., M. Stinchcombe and H. White, 1990. Fernando TMKG. River flow forecasting: use of Universal approximation of an unknown mapping phase space reconstruction and artificial neural and its derivatives using multilayer feedforward networks approaches. J. Hydrol., 265: 225-45. networks. Neural Networks, 3(5): 551-560.
20. Ferziger J.H. and Peric M. 1996. Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer Verlag, New York. Jafar, R., Shahrour, I., and Juran, I. 2010. Application of artificial neural networks (ANN) to model the failure of urban water mains. Mathematical and Computer Modelling, Vol. 51, No. (9-10), pp.1170–1180.
21. Mounce, S. R., and Boxall, J. B. 2010. Implementation of an online artificial intelligence district meter area flow meter data analysis system for abnormality detection: A case study. Water Science and Technology: Water Supply, Vol. 10, No. 3, pp. 437- 444.
22. ГОСТ Р 43.0.5-2009. Группа П85 Информационное обеспечение оборудования и операционная деятельность. Информационные и обменные процессы в технической деятельности. Общие принципы. URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200079262>.
23. Поспелов Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира. Новости искусственного интеллекта, №1, 1998. С.94-14.
24. http://old.virtualcoglab.ru/CogSci_R.html
25. <https://libmonster.ru/m/articles/view/%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%9D%D0%95%D0%9A%D0%A6%D0%98%D0%9E%D0%9D%D0%98%D0%97%D0%9C-%D0%98-%D0%A2%D0%95%D0%9E%D0%A0%D0%98%D0%AF-%D0%94%D0%95%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%9E%D0%93%D0%9E-%D0%A5%D0%90%D0%9E%D0%A1%D0%90>
26. http://old.virtualcoglab.ru/CogSci_R.html
27. <https://22century.ru/popular-science-publications/a-single-neuron-is-very-complex>

28. <https://new-science.ru/36-strannyh-i-interesnyh-faktov-o-chelovecheskom-mozge/>
29. Bergh, J.R. Ontology comprehension / J.R. Bergh // University of Stellenbosch, Master Thesis 2010.
30. N-dimensional switching element S. A. Berezovsky URL: <http://russianpatents.com/patent/202/2020739.html>.
31. Berezovsky S. 3D Noon-Models of Switching Structures on Elements by Berezovsky, 2021 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9716663>
32. Berezovsky S. Ontology 3D noon-models of switching patterns on elements by Berezovsky, 2021 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9628895>
33. Berezovsky S. 3D Intellectual Heuristic Topology of Communication Devices of Telecommunication Structures on the Elements by Berezovsky, 2019 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9165466>
34. <https://topwar.ru/160282-promyshlennyj-internet-veschej-i-cifrovye-dvojniki-revoljucija-v-voenprome-i-ne-tolko.html>
35. ГОСТР57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ
36. <https://www.osp.ru/articles/2023/0518/13057164>
37. <https://club.dns-shop.ru/blog/t-100-protssoryi/71441-chto-takoe-chiplet-preimuschestva-i-nedostatki-chipletnogo-dizaina/>
38. <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/the-universal-chiplet-interconnect-express-ucie-standard>
39. <https://rostec.ru/media/pressrelease/4516533/>
40. <https://www.stena.ee/blog/pochemu-vyzhili-tolko-homo-sapiens-i-kuda-propali-ostalnye-5-vidov-lyudej>
41. Синельников, Р. Д., Синельников, Я. Р., & Синельников, А. Я.(2009). Атлас анатомии человека. Том 1 :Учение о костях, соединении костей и мышцах. Москва:Новая волна.ISBN 978-5-7864-0199-9.
42. Tobias P.V., Falk D. Evidence for a dual pattern of cranial venous sinuses on the endocranial cast of Taung (Australopithecus africanus). American Journal of Physical Anthropology, 1988 Jul; 76(3):309-12.
43. Новых А. «АллатРа», К.: АллатРа, 2013. С. 183. - <http://books.allatra.org/ru/kniga-allatra>
44. Кокун О.М. Психоэнергетические возможности человека: теория и практика:Монография.-Киев, 2012. -<https://core.ac.uk/download/pdf/19596356.pdf>
45. New-Science.ru<https://new-science.ru/36-strannyh-i-interesnyh-faktov-o-chelovecheskom-mozge/>

46. НОВЫХ А. «АллатРа», К.: АллатРа, 2013. С. 184. - <http://books.allatra.org/ru/kniga-allatra>
47. НОВЫХ А. «ПТИЦЫ И КАМЕНЬ», К.: ЛОТОС, 2011 г., <http://books.allatra.org/ru/kniga-prici-i-kamen>
48. https://zdrav.expert/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9C%D0%BE%D0%B7%D0%B3_%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D0%B0
49. <https://rsv.ru/blog/10-neobychnyh-faktov-o-mozge-kotorye-izmenyat-vash-vzglyad-na-zhizn/>
50. <https://new-science.ru/36-strannyh-i-interesnyh-faktov-o-chelovecheskom-mozge/>
51. <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-slovar-kognitivnyh-terminov-fragmenty>
52. Kalachova, V., Misiura, O., Shcherbinin, S., Sizon, D. et al. (2023), Positive influence of distance learning technologies on the restoration of the educational process in Higher Educational Institutions of Ukraine in the conditions of large-scale armed aggression russian federation against Ukraine, Scientific Collection «InterConf+», No. 33(155), pp. 408-427. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023>.
53. Kalachova, V., Misyura, O., Sizon, D., Dudenko, S., Tretiak, V. et al. (2023), Distance learning technologies and their contribution in successful realization of educational process in Higher Educational Institutions of Ukraine in the conditions of full-scale armed aggression russian federation against Ukraine, Scientific Collection «InterConf», No. 156, pp. 539-547. ISBN 979-1-293-10109-3.
54. Kalachova, V.V., Salman, R.O., Misyura, O.M., Tretyak, V.F., Safoshkina, L.V. and Honchar, R.O. (2021), The ways to organize of distance learning in Higher Military Educational Institutions of Ukraine and the world during overcome of the coronavirus infection pandemic COVID-19, Systems of information processing, № 4(167), pp. 27-44. <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.03>.
55. Kalachova, V., Misiura, O., Sizon, D., Dudenko, S. et al. (2023), The role of distance learning technologies in the organization of the educational process in Higher Educational Institutions of Ukraine in the conditions of the large-scale armed aggression russian federation against Ukraine, Scientific Collection «InterConf+», No. 31(147), pp. 540-559. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.03.2023>.
56. Semeniuk, V., Kolomiitsev, O., Zhuikov, D., Tretiak, V., Kalachova, V. et al. (2023), Evaluation of quantitative parameters of the level of assimilation of educational material on fire training during distance learning, Scientific Collection «InterConf+», No. 30(143). – pp. 548-564. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2023>

57. Kalachova, V., Khvorost, O., Pavlii, V., Popov, M., Zakirov, Z. et al. (2023), The large-scale armed aggression russian federation against Ukraine and ways organization of the educational process in Higher Military Educational Institutions of Ukraine in the conditions of the of martial law, Collection of scientific papers «SCIENTIA», pp. 73-80. <https://doi.org/10.36074/scientia-12.05.2023>
58. Козлов В. В. Щодо використання зв'язаних ресурсів при проектуванні організаційних структур. Бухгалтерський облік, аналіз та аудит: проблеми теорії, методології, організації. Збірник наукових праць. Випуск 1(6). – Київ: НАСОА, 2011 р. – с. 116–123.
59. Козлов В. В., Сбітнєв А. І. Систематизація та загальний аналіз сучасного стану прикладних задач розподілу зв'язаних ресурсів і методів їх розв'язку. Прикладна статистика: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 9 – Київ, НАСОА, 2011 – с. 96–103.
60. Козлов В. В., Сбітнєв А. І. Алгоритми розподілу взаємопов'язаних ресурсів. Науковий вісник НАСОА щоквартальний збірник наукових праць № 4(39) – Київ: ДП "Інформаційно-аналітичне агенство", 2013 с.104 – 108.
61. Козлов В. В., Сбітнєв А. І. Формулювання задачі розподілу взаємопов'язаних ресурсів, як задачі математичного програмування. Науковий вісник НАСОА щоквартальний збірник наукових праць № 3(42) – К. : ДП "Інформаційно-аналітичне агенство", 2014. – с.86 – 90.
62. Козлов В. В., Томашевська Т. В. До питання вирішення задач розподілу пов'язаних ресурсів. Abstracts of VI International Science Conference «Theoretical foundations of modern science and practice», March 19 – 20, 2021, Rome, Italy. 147 р. – Р. 117 – 119. URL: <https://eu-conf.com>
63. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. Пер. с англ. – Мир, 1985. – 512 с., ил.
64. Andrushchak I.Ye. Features of the main directions, techniques and methods of protection against phishing attacks. Scientific journal "Computer-integrated technologies: Education, science, production" / I.Ye. Andrushchak // Issue No. 47, Lutsk. - 2022 - p. 5-9.
65. Bobalo Y. Ya. Information security: academic. manual / Yu. Ya. Bobalo, I. V. Horbaty, M. D. Kiselichnyk [and others]. - Lviv: View of Lviv. polytechnics, 2019. - 580 p.
66. Hnilitsky V.V., Orekhov E.H. Information protection: Study guide for students of technical specialties. - Zhytomyr: 2019. - 164 p.
67. Grebenyuk A. M. Fundamentals of information security management: training. manual / A. M. Grebenyuk, L. V. Rybalchenko // Dnipro: Dniprop. state inside of affairs, 2020. 144 p.

68. Zgurovsky M. Information security problems in Ukraine, ways to solve them // Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine. - Kyiv. – 2018. – P. 10-14.
69. Kuznetsov O. O. Protection of information in information systems: training. manual Kh.: Khneu, 2018. – 510 p.
70. Lisovska Yu. Cyber security. Risks and measures. - K.: Condor, 2019. - 272 p.
71. Maidanyuk, V.P. Fundamentals of information theory and coding: an electronic textbook for combined (local and network) use [Electronic resource] / Maidanyuk, V.P., Romanyuk, O.N., Tuzhanskyi, S.E. – Vinnytsia: VNTU , 2022. – 133 p.
72. Martsenyuk V. Comparison of the results of numerical analysis of simulation of cyberphysical biosensory systems / Martsenyuk V., Andrushchak I., Kit N., Kravchuk Y., Sverstyuk A., Palyanitsa Yu.// Bulletin of the Khmelnytskyi National University. 2023. Vol. 1, No. 2, 2023 (319). P. 102–108. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-319-2>.
73. Ostroukhov V. V. Information security. Textbook / V. V. Ostroukhov, M. M. Prysiashnyuk, O. I. Farmagey, M. M. Chekhovska, etc.; under the editorship VV Ostroukhova. K.: Lira-K Publishing House, 2021. 412 p.
74. Леонов А.И., Фомичев К.И. Л47 Моноимпульсная радиолокация – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 312 с., ил.
75. Бурцев В.В. Системотехнічні основи побудови та бойового застосування комплексів і систем зенітного ракетного озброєння: навч. посіб. / В. В. Бурцев. – Х. : ХНУПС, 2018. – 424 с.
76. Бурцев В.В., Кузь М.Я. Основи побудови багатоканальних зенітних ракетних систем середньої дальності. – Х.: ХВУ, 2002.-86с.
77. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. М., Изд-во «Советское радио», 1965, стр. 448, 12000 экз.
78. Бурцев В.В. Вимірювання геометричних розмірів групової цілі моноімпульсним пеленгатором РЛС супроводження / Бурцев В.В., Труш М.Ю., Севч П.Ю., Бесов Є.В. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил, 1, 2014. С. 80—83.
79. Сухаревський О.І., Василець В.О., Нечитайло С.В. Довідник характеристик розсіювання повітряних та наземних радіолокаційних. Х.: ХНУПС, 2019. 304 с. ISBN 978-966-468-087-2.
80. Залевский Г.С., Бречка М.М., Василец В.А., Сухаревский О.И. Комбинированный метод расчета характеристик рассеяния объектов сложной формы и его применение для моделирования спектров винтовой модуляции вертолетов. Системи обробки інформації. — 2014. — № 4(120). С. 80-85.

81. Масалов С.А., Рыжак А.В, Сухаревский О.И, Шкиль В.М. Физические основы диапазонных технологий типа «Стелс».- Санкт-Петербург: Военный инженерно-космический университет имени А.Ф. Можайского, 1999. – 163с.
82. Шишацький А. В., Башкиров О. М., Костина О. М. Розвиток інтегрованих систем зв'язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. // Науково-технічний журнал “Озброєння та військова техніка”. 2015. № 1(5). С. 35 –40.
83. V. Dudnyk, Yu. Sinenko, M. Matsyk, Ye. Demchenko, R. Zhyvotovskiy, Iu. Repilo, O. Zabolotnyi, A. Simonenko, P. Pozdniakov, A. Shyshatskiy. Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 3. No. 2 (105). 2020. pp. 37–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>.
84. Sova, O., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., Zhuk, O., Trotsko, O., & Hrokholskiy, Y. Development of a method for assessment and forecasting of the radio electronic environment. EUREKA: Physics and Engineering, 2021, No. 4, pp. 30-40. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001940>.
85. Pievtsov, H., Turinskiy, O., Zhyvotovskiy, R., Sova, O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., and Shyshatskiy, A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, No. (4), pp. 78-89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
86. P. Zuiev, R. Zhyvotovskiy, O. Zvieriev, S. Hatsenko, V. Kuprii, O. Nakonechnyi, M. Adamenko, A. Shyshatskiy, Y. Neroznak, V. Velychko. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, Vol. 4, No. 9 (106), pp. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
87. A. Shyshatskiy, O. Zvieriev, O. Salnikova, Ye. Demchenko, O. Trotsko, Ye. Neroznak. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Vol. 9, No. 4, pp. 5583–5590 DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.
88. Nechyporuk, O., Sova, O., Shyshatskiy, A., Kravchenko, S., Nalapko, O., Shknai, O., Klimovych, S., Kravchenko, O., Kovbasiuk, O., Bychkov, A. (2023). Development of a method of complex analysis and multidimensional forecasting of the state of intelligence objects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2, No. 4 (122), pp. 31–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276168>.
89. Koval, V., Nechyporuk, O., Shyshatskiy, A., Nalapko, O., Shknai, O., Zhyvylo, Y., Yerko, V., Kreminskyi, B., Kovbasiuk, O., Bychkov, A. (2023). Improvement of the optimization method based on the cat pack algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 1, No.9 (121), pp. 41–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273786>.

90. Шишацький А. В., Зайцев М. М., Гаценко С. С. Аналіз характеру сучасних воєнних конфліктів Україна в умовах сучасних викликів та загроз: глобальний та національний виміри: матеріали наук.-практ. семінару (Київ, 17 лют. 2023 р.) / за ред. Г. П. Ситника, Л. М. Шипілової. Київ: На-вч.-наук. ін-т публ. упр. та держ. служби Київ. нац.ун-ту імені Тараса Шевченка, 2023. С.46–49.
91. Заграновская А. В., Эйснер Ю. Н. Моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. Современная экономика: проблемы и решения. 2017, №10 (94), С. 33–47. DOI: 10.17308/meps.2017.10/1754.
92. Симанков В. С., Путятю М. М. Исследование методов когнитивного анализа. Системный анализ, управление и обработка информации. 2013, № 13. С. 31–35.
93. Y.-C. Ko, H. Fujita. An evidential analytics for buried information in big data samples: Case study of semiconductor manufacturing. Information Sciences. 2019. Vol. 486. pp. 190–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.01.079>.
94. I. J.Ramaji, A. M. Memari. Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. Automation in Construction. 2018. Vol. 90. pp. 117–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>.
95. C. J.Pérez-González, M. Colebrook, J. L. Roda-García, C. B. Rosa-Remedios. Developing a data analytics platform to support decision making in emergency and security management. Expert Systems with Applications. 2019. Vol. 120. pp. 167–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.023>.
96. H. Chen. Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Procedia Computer Science. Vol. 131. 2018. pp. 952–958. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.233>.
97. H. K. Chan, X. Sun, S.-H. Chung. When should fuzzy analytic hierarchy process be used instead of analytic hierarchy process? Decision Support Systems. 2019. pp. 1–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113114>.
98. A. M. S. Osman. A novel big data analytics framework for smart cities. Future Generation Computer Systems. 2019. Vol. 91. pp. 620–633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.046>.
99. I. Gödri, C. Kardos, A. Pfeiffer, J. Vánca. Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems. CIRP Annals. Vol. 68. Issu. 1. 2019. pp. 471–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.001>.
100. J. L. Harding. Data quality in the integration and analysis of data from multiple sources: some research challenges. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XL-2/W1. 2013. pp. 59–63. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-2-W1-59-2013.
101. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. Intern. Journal of Man-Machine Studies. 1986., Vol. 1., pp. 65–75.

102. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем. Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 3. С. 239–250.
103. Orouskhani, M., Orouskhani, Y., Mansouri, M., Teshnehlab, M. A novel cat swarm optimization algorithm for unconstrained optimization problems, *International Journal “Information Technology and Computer Science”*, 2013, Vol. 11, pp. 32 – 41.
104. A. Koshlan, O. Salnikova, M. Chekhovska, R. Zhyvotovskiy, Y. Prokopenko, T. Hurskiy, A. Yefymenko, Y. Kalashnikov, S. Petruk, A. Shyshatskiy. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5. No. 9 (101). 2019. pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>.
105. Mahdi Q. A., Shyshatskiy A., Prokopenko Y., Ivakhnenko T., Kupriyenko D., Golian V., Lazuta R., Kravchenko S., Protas N. & Momit A.. Development of estimation and forecasting method in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, Vol. 3, No. 9(111), pp. 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232718>.
106. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М., Емельянов В. В. Теория и практика эволюционного моделирования. М.: Физматлит, 2003. –432 с.
107. Гороховатський В., Стяглик Н., Царевська, В. Комбінаційний метод прискореного метричного пошуку даних у задачах класифікації зображень. Сучасні інформаційні системи. 2021. Том 5, № 3, с. 5–12. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.01>.
108. Levashenko, V., Liashenko, O., Kuchuk, N. Побудова системи підтримки прийняття рішень на основі нечітких даних. Сучасні інформаційні системи, 2020, Том 4, № 4, с. 48–56. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.4.07>.
109. Meleshko, Y., Drieiev, O., Drieieva, N. Метод ідентифікації профілів ботів на основі нейронних мереж у рекомендаційних системах. Сучасні інформаційні системи, Том 4, № 2, с. 24–28. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.05>.
110. Kuchuk, N., Merlak, V., & Skorodelov, V. Метод зменшення часу доступу до слабкоструктурованих даних. Сучасні інформаційні системи. 2020. Том 4, № 1, с. 97–102. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.14>.
111. Shyshatskiy, A., Tiurnikov, M., Suhak, S., Bondar, O., Melnyk, A., Vokhno, T., & Lyashenko, A.. Методика оцінки ефективності системи зв'язку оперативного угруповання військ. Сучасні інформаційні системи. 2020. Том 4, № 1, с. 107–112. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.1.16>.
112. Raskin, L., & Sira, O. (2016). Method of solving fuzzy problems of mathematical programming. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(4 (83), 23–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81292>

113. Lytvyn, V., Vysotska, V., Pukach, P., Brodyak, O., & Ugryn, D. Development of a method for determining the keywords in the slavic language texts based on the technology of web mining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017, Vol. 2, No. 2 (86), pp. 14–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98750>
114. Stepanenko, A., Oliinyk, A., Deineha, L., & Zaiko, T. (2018). Development of the method for decomposition of superpositions of unknown pulsed signals using the second-order adaptive spectral analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, Vol. 2, No.9 (92), pp. 48–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126578>.
115. Gorbenko, I., & Ponomar, V. Examining a possibility to use and the benefits of post-quantum algorithms dependent on the conditions of their application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. Vol. 2, No. 9 (86), pp. 21–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96321>.
116. Lovska A. A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. №1. pp. 49 – 54.
117. Lovska Alyona, Fomin Oleksij. A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry. *Acta Polytechnica*. 2020. Vol. 60. Issue 6. pp. 478 – 485.
118. Koval M., Sova O., Shyshatskyi A., Orlov O., Artabaiev Yu., Shknai O., Veretnov A., Koshlan O., Zhyvylo Ye., Zhyvylo I. Improvement of complex resource management of special-purpose communication systems. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 2022, Vol 5, No 9 (119), pp.34–44. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266009.
119. Налапко О. Л. Analysis of technical characteristics of the network with possibility to self-organization / О. Л. Налапко, А. В. Шишацький. // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – №4, Том 2. – С. 78–86.
120. Nina Kuchuk, Amin Salih Mohammed, Andrii Shyshatskyi and Oleksii Nalapko. The Method of Improving the Efficiency of Routes Selection in Networks of Connection with the Possibility of Self-Organization (Scopus). *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. – 2019. – №1.2., Volume 8. – С. 1–6. DOI: 10.30534/ijatcse/2019/0181.22019.
121. Analysis of mathematical apparatus for managing channel and network resources of military radio communication systems / О.Налапко, R. Pikul, P. Zhuk, A. Shyshatskyi. // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Наукове періодичне видання “Системи управління, навігації та зв'язку”, Збірник наукових праць. – Полтава, 2019. – №3(55). – С. 166–170.

122. O. Nalapko, A. Shyshatskyi, V. Ostapchuk, Qasim Abbood Mahdi, R. Zhyvotovskiy, S. Petruk, Ye. Lebel, S. Diachenko, V. Velychko, I. Poliak Development of a method of adaptive control of military radio network parameters. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Volume 9 – 2021. – № 1(109). – С. 18–32. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225331.
123. I. Alieinykov, K. A. Thamer, Y. Zhuravskiy, O. Sova, N. Smirnova, R. Zhyvotovskiy, S. Hatsenko, S. Petruk, R. Pikul, A. Shyshatskyi. Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6. No. 2 (102). 2019. pp. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394>.
124. Shyshatskyi A. Method of multicriterial evaluation of the state of the special purposes of radio communication system channels / A. Shyshatskyi, O. Zhuk, R. Zhyvotovskiy, P. Zhuk // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. - 2017. - № 4. - С. 75-83. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2017_4_12.
125. Shyshatskyi, A., Sova, O., Zhuravskiy, Y., Zhyvotovskiy, R., Lyashenko, A., Cherniak, O., Zinchenko, K., Lazuta, R., Melnyk, A., & Simonenko, A. (2019). Development of resource distribution model of automated control system of special purpose in conditions of insufficiency of information on operational development. Technology Audit and Production Reserves,. Vol. 1, No 2(51), pp. 35–39. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198082>.
126. Nalapko, O., Sova, O., Shyshatskyi, A., Protas, N., Kravchenko, S., Solomakha, A., Neroznak, Y., Gaman, O., Merkotan, D., & Miahkykh, H. (2021). Analysis of methods for increasing the efficiency of dynamic routing protocols in telecommunication networks with the possibility of self-organization. Technology Audit and Production Reserves, Vol. 5, No. 2(61), pp. 44–48. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239096>.
127. Minochkin, A., Shyshatskyi, A., Hasan, V., Hasan, A., Opalak, A., Hlushko, A., Demchenko, O., Lyashenko, A., Havryliuk, O., & Ostapenko, S. (2021). The improvement of method for the multi-criteria evaluation of the effectiveness of the control of the structure and parameters of interference protection of special-purpose radio communication systems. Technology Audit and Production Reserves, Vol. 4, No.2(60), pp. 22–27. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.235465>.
128. Oleg Sova, Hryhorii Radzivilov, Andrii Shyshatskyi, Dmytro Shevchenko, Bohdan Molodetskyi, Vitalii Stryhun, Yurii Yivzhenko, Yevhen Stepanenko, Nadiia Protas, & Oleksii Nalapko. (2022). Development of the method of increasing the efficiency of information transfer in the special purpose networks. Eastern-european Journal of Enterprise Technologies, 3(4 (117)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259727> .

129. Sova, O., Zhuravskiy, Y., Vakulenko, Y., Shyshatskiy, A., Salnikova, O., & Nalapko, O. (2022). Development of methodological principles of routing in networks of special communication in conditions of fire storm and radio-electronic suppression. *EUREKA: Physics and Engineering*, (3), 159-166. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002434>.
130. Oleg Sova, Hryhorii Radzivilov, Andrii Shyshatskiy, Pavel Shvets, Valentyna Tkachenko, Serhii Nevhad, Oleksandr Zhuk, Serhii Kravchenko, Bohdan Molodetskiy, & Hennadii Miahkykh. (2022). Development of a method to improve the reliability of assessing the condition of the monitoring object in special-purpose information systems. *Eastern-european Journal of Enterprise Technologies*, 2(3 (116)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254122>.
131. Шишацький А.В., Сова О.Я., Журавський Ю.В., Троцько О.О. Методологічні засади інтелектуальної обробки даних в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. *Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Beresjuk O., Lemeschew M., Stadnijtschuk M., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 543 p. Available at :DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1. URL: <https://isg-konf.com/theoretical-and-scientific-foundations-in-research-in-engineering/>*
132. Романов О. М., Шишацький А. В., Налапко О. Л. Розробка методу підвищення оперативності передачі інформації в мережах спеціального призначення. *Modernn aspekty vědy: XXI. Dñl mezinbrodnn kolektivnn monografie / Mezinbrodnn Ekonomickэ Institut s.r.o.. Āeskб republika: Mezinbrodnn Ekonomickэ Institut s.r.o., 2022. С. 381-403.*
133. Шишацький А.В., Одарущенко О.Б., Кашкевич С.О., Пилипчук І.Ю., Мягких Г.Г. Обґрунтування методів інтелектуального аналізу даних для вирішення задачі прийняття рішень в умовах невизначеності впливу обстановки. *Theoretical and practical scientific achievements: research and results of their implementation: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IV International Scientific and Theoretical Conference, April 7, 2023. Pisa, Italian Republic: European Scientific Platform. pp. 93-87. ISBN 979-8-88955-784-5, DOI 10.36074/scientia-07.04.2023.*
134. Sova, O., Zhuravskiy, Y., Zaitsev, M., Shyshatskiy, A., Andriishena, H. (2022). Development of an approach to the creation of an intellectual system of national security management. *ScienceRise*, No. 6, pp. 18–24. doi: <http://doi.org/10.21303/2313-8416.2022.002811>.
135. Shyshatskiy, A., Hurskiy, T., Vdovytskiy, Y., Vozniak, R., Nalapko, O., Andriishena, H., Shabanova-Kushnarenko, L., Protas, N., Vakulenko, Y., & Pyvovarchuk, S. (2023). Development of method for the identification of hybrid challenges and threats in the national security management system. *Technology Audit and Production Reserves*, No. 2(70), pp. 16–19. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.276544>

136. 500 zapitan I vIdpovIdey z agrohImIYi : navch.-dovId. posIb. M. Y. Shevchuk, V. I. Lopushnyak, M. M. Vislobodska, B. I. Parhuts, I. M. Parhuts, P. M. Sloboda ; za red. d. s.-g. n., profesora V. I. Lopushnyaka. – LvIv : LNAU, 2016. – 476 s.
137. AgroGruntoznavstvo : navch. posIb. V. I. Lopushnyak, V. B. Danilyuk, O. V. Gaskevich, N. I. Lagush. LvIv : LvIvskiy natsIonalniy agrarniy unIversitet, 2016. 212 s.
138. AgrohImIya : Dobriva ta Yih vpliv na bIoproduktivnIst Gruntu : pIdruchnik. M. Y. Shevchuk, S. I. VeremeEnko, V. I. Lopushnyak ; za red. d. s.-g. n. prof. M. Y. Shevchuka. – Lutsk : Nadstir'ya, 2012. – Ch. 2.– 439 s.
139. AgrohImIya : TeoretichnI osnovi formuvannya vrozhayu : pIdruchnik. M. Y. Shevchuk, S. I. VeremeEnko V. I. Lopushnyak ; za red. d. s.-g. n. prof. M. Y. Shevchuka. – Lutsk : Nadstir'ya, 2012. – Ch. 1.– 195 s.
140. Blyum Ya. B., Geletuha G. G. , DubrovIn V. O. NovItInI tehnologIYi bIoenergokonversIYi. K., 2010. – 324 s.
141. Vznachennya grupovogo ta fraktsIynogo skladu gumusu Gruntu za metodom I. V. TyurIna u modifIkatsIYi V. V. PonomarovoYi ta T. A. PlotnikovoYi, spalyuvannya za B. A.NIkItInim (variant NNTs IGA) : MVV 31-497058-008-2002 // Metodiki viznachennya skladu ta vlastivostey GruntIv. – HarkIv : Drukarnya # 13, 2004. – Kn. 1. – S. 129 – 154.
142. Gospodarenko G. M. Sistema zastosuvannya dobriv : navch. posIb. K. : SIK-GRUP UkraYina, 2015. – 332 s.
143. Gritsulyak G., EkologIchniy stan dernovo-pIdzolistih GruntIv Peredkarpattya za vnesennya osadu stIchnih vod pId verbu energetichnu Zbalansovane prirodokoristuvannya. EkologIchna bezpeka. - # 1/2019. – S. 66-73
144. EkologIchnI novatsIYi SpIlnoYi agrarnoYi polItiki ES: ImplementatsIya v UkraYinI : naukovo-analItichna zapiska / vId 10.08.2016 r. # 135-13/440/ Institut ekonomIki ta prognozuvannya NANU. – K., 2016. – 37 s.
145. EkologIchno bezpechniy sposIb viroschuvannya verbi energetichnoYi / [V. V. SnItinskiy, V. I. Lopushnyak, B. A. Kostyuk, G. M. Gritsulyak]. VchenI LvIvskogo natsIonalnogo agrarnogo unIversitetu virobnitstvu : katalog InnovatsIynih rozrobok. – LvIv, 2013. – Vip. 13. – S. 4.
146. Energetichna verba: tehnologIya viroschuvannya ta vikoristannya: monografIya. RoYik M. V., SIchenko V. M., Fuchilo Ya. D. ta In. Vinnitsya : Nilan-LTD, 2015. – 340 s.
147. Kachan H. P., Verbovskiy O. V. PIdgotovka osadIv stIchnih vod do znevodnennya z podalshoyu Yih utilIzatsIEyu. Problemi ta perspektivi rozvitku zabezpechennya bezpeki zhittEdIyalnostI : zb. nauk. pr. mIzhnar. nauk.-prakt. konf. kursantIv I stud., LvIv, 2010 r. / LvIv. derzh. un-t bezpeki zhittEdIyalnostI. – L., 2010. – S. 75 – 76.

148. Kotsar O. M. TehnologIYi I obladnannya dlya pererobki I utillzatsIYi opadIv promislovih I komunalnih stIchnih vod [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <http://unilos.com.ua>
149. Kuntso I. O., Gumentik Ya. M. Viroschuvannya energetichnoYi verbi yak sirovini dlya virobnitstva tverdih vidIv bIopaliva v umovah Lisostepu UkraYini. ZbIrnik naukovih prats Institutu bIoenergetichnih kultur I tsukrovih buryakIv. – K., 2013. – Vip. 19. – S. 59 – 62.
150. Kurilo V. L., Zhurba G. DinamIka rostu energetichnoYi verbi v pershiy rIk viroschuvannya v Gruntovo-kIImatichnih umovah PolIssya UkraYini. ZbIrnik naukovih prats Institutu bIoenergetichnih kultur I tsukrovih buryakIv. – K., 2013. – Vip. 19. – S. 74-79.
151. Lopushnyak V. I. AgrohImIchnI ta agroekologIchnI aspekti sistem udobrennya v ZahIdnomu Lisostepu UkraYini : monografIya. LvIv : LIGA–Pres, 2015. – 218 s.
152. Lopushnyak V. I., Gritsulyak G. ZmIna energoEmnostI gumusu dernovo-pIdzolistogo Gruntu pId vplivom vnesennya osadu stIchnih vod. VIsnik Zhitomirskogo NAEU : agronomIya. – 2014. – Vip. 2 (42). T. 1. – S. 81 – 86.
153. Lopushnyak V. I., Gritsulyak G. Matematichna model formuvannya produktivnostI agrotsenozu verbi energetichnoYi. Motrol. – Lublin –Rzeszow, 2014. – Vol. 6. – # 4. – R. 77–81.
154. Lopushnyak V. I., Gritsulyak G. Perspektivi vikoristannya osadu stIchnih vod u viroschuvannI verbi energetichnoYi. VIsnik LvIvskogo natsIonalnogo agrarnogo unIversitetu : agronomIya. – 2011. – Vip. 15 (2). – S. 139 – 142.
155. Lopushnyak V. I., Gritsulyak G. ProduktivnIst verbi energetichnoYi za rIznih norm vnesennya osadu stIchnih vod na dernovo-pIdzolistih Gruntah Prikarpattya. EnergobIotehnologIYi – 3 : materIali VII-Yi MIzhnar. nauk.-tehn. konf. – LvIv, 2013. – S. 111–115.
156. Lopushnyak V. I., Gritsulyak G. UtillzatsIya osadu stIchnih vod komunalnih pIdpriEmstv z otrimannam organIchnogo dobriva pId energetichnI kulturi. ZbIrnik naukovih prats VInnitskogo natsIonalnogo agrarnogo unIversitetu : sIlskogospodarski nauki. – 2014. – Vip. 5 (82). – S. 188 – 198.
157. Lopushnyak V., Gritsulyak G., Yakubovski T., Barchak B Sav'yuk R Formuvannya produktivnostI verbi energetichnoYi za povtornogo vnesennya osadu stIchnih vod na derevo-pIdzolistomu GruntI VIsnik agrarnoYi nauki Prichornomor'ya. –Vip. 2. - 2020. – c. 63-70
158. Misliva T. M. KadmIy u Gruntah prirodnih agrolandschaftIv Zhitomirskogo PolIssya / T. M. Misliva. AgrohImIya I Gruntoznavstvo. – HarkIv. – 2014. – Kn. 3. – S. 110 – 111.

159. Perspektivi vikoristannya bioenergetichnih kultur v UkraYini / [V. P. Landin, V. V. Moroz, V. A. Zaharchuk, O. M. Rudenko]. Naukoviy visnik NLTU UkraYini. – 2016. – Vip. 26.5. – S. 80 – 86.
160. Perspektivi viroschuvannya ta vikoristannya energetichnih kultur v UkraYini : analitichna zapiska BAU za # 10 vid 12 veresnya 2014 r. [Elektronniy resurs] / [G. G. Geletuha, T. A. Zhelezna, O. V. Triboy]. – Rezhim dostupu: <http://uabio.org/activity/uabio-analytics>
161. Poloviy V. M. Vidnovlennya rodyuchosti agrohimichno degradatsiy nih Gruntiv. Visnik agrarnoyi nauki. – 2011. – # 2. – S. 14-17.
162. RoYik M., Kurilo V., Gumentik M. Efektivnist viroschuvannya visokoproduktivnih energetichnih kultur. Visnik Lvivskogo natsionalnogo agrarnogo univrsitetu. – 2011. – # 15(2). – S. 268 – 273.
163. Salo T. L., Dishlyuk V. E., Chornokozinskiy A. V.. Agroekologichni ta tehnologichni aspekti zastosuvannya v silskomu gospodarstvi osadiv stichnih vod mlskih ochisnih sporud / T. L. Salo, Agroekologichniy zhurnal. – 2001. – # 2. – S. 38 – 43.
164. Sorokina K. B., Kozlovska S. B.. Tehnologiya pererobki ta utilizatsiyi osadiv stichnih vod : navch. posib. Harkiv: HNAMG, 2012. – 226 s.
165. Sposib ekologichno bezpechnoyi utilizatsiyi osadu stichnih vod u nasadzhennyah energetichnih kultur. [V. V. Snitinskiy, V. I. Lopushnyak, B. A. Kostyuk, G. M. Gritsulyak]. Vcheni Lvivskogo natsionalnogo agrarnogo univrsitetu virobnitstvu : katalog Innovatsiy nih rozrobok. – Lviv, 2012. – Vip. 12. – S. 4.
166. Stvorennya ta viroschuvannya energetichnih plantatsiy verb i topol / Fuchilo Ya. D., Sbitna M. V., Fuchilo O. Ya., Litvin V. M. – K. : Logos, 2009. – S. 242-245.
167. Stichni vodi. Vimogi do stichnih vod i yihnih osadiv dlya zroshuvannya ta udobryuvannya : DSTU 7369:2013. – [Chinniy vid 2014-01-01]. – K. : MInekonomrozvitku UkraYini, 2014. – 7 s. – (Natsionalniy standart UkraYini).
168. Titko R., Kalinichenko V. VidnovlyuvanI dzherela energiyi (dosvid Polschi i UkraYini) : posibnik. Varshava : OWG, 2010. – 533 s.
169. Fuchilo Ya. D., Gumentik V. M, Sinchenko M. Ya., Osoblivosti viroschuvannya energetichoyi verbi. Bioenergetika, 2016. # 1(7). – S. 11 – 13.
170. Chernish E. Yu., Plyatsuk L. D. Teoretichne obgruntuvannya tehnologiyi kompleksnoyi pererobki osadiv mlskih stichnih vod. Ekologichna bezpeka. – 2011. – # 2 (12). – S. 98 – 100.
171. Czekala J., Czekala W. Sklad chemiczny kompostow wytworzonych na basie komunalnych osadow sciekowych, slomy i trocin. Inzynieria Srodowiska, 2012. – 26: 78 – 80.

172. Ignatowicz K., Garlicka K., Breńko W. Wpływ kompostowania osadów ściekowych na zawartość wybranych metali i ich frakcji. *Inżynieria Ekologiczna*, 2011. – 25: 231 – 241.
173. Eissa, M.A., Ghoneim, M.F., Elgharably, G.A., AbdElRazek, M. 2014. Phytoextraction of nickel, lead and cadmium from metals contaminated soils using different field crops and EDTA. *World Applied Science Journal*. 32, 1045–1052.
174. Eissa, M. A. 2014. Performance of river saltbush (*Atriplex amnicola*) grown on contaminated soils as affected by organic fertilization. *World Applied Science Journal*. 30, 1877–1881.
175. European Commission DG ENV. E3. 2002. Heavy Metals in Waste, Final Report Project ENV.E.3/ ETU/2000/0058, http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metalsreport.pdf.
176. Gaur A. and A. Adholeya. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*, 86(4), 528–534.
177. Gamayunova V., Sydiakina O., Dvoretzkyi V., Markovska O. (2021). Productivity of Spring Triticale under Conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(2), 104–112. <https://doi.org/10.12912/27197050/133456>
178. Ghazala M., Setsuko K. 2016. Toxicity of heavy metals and metal-containing nanoparticles on plants. *Plant Gene*, 2017, 11B, 247–254.
179. Ghori N.-H., Ghori T., Hayat M. Q., Imadi S. R., Gul A., Altay V. Ozturk M. 2019. Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1807–1828
180. Ghosh, A.K., Bhatt, M.A., Agrawal, H.P. 2012. Effect of long-term application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grown in northern India. *Environ. Monit. Assess.* 184(2), 1025–1036.
181. Ilyas, N., Shoukat, U., Saeed, M., Akhtar, N., Yasmin, H., Khan, W., & Iqbal, S. 2021. Comparison of plant growth and remediation potential of pyrochar and thermal desorption for crude oil-contaminated soils. *Scientific Reports*, 11(1). doi:10.1038/s41598-021-82243-y.
182. Korsun S.G., Klymenko I. I., Bolokhovska V. A., Bolokhovskyy V.V. 2019. Translokatsiya vazhkykh metaliv u systemi «grunt-roslyna» za vapnuvannya ta vplyvu biolohichnykh preparativ [Translocation of heavy metals in the “soil-plant” system under liming and exposure to biological drugs. *Agroecological monitoring*, 1, 29–35. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163245>.
183. Kebibeche H., Khelil O., Kacem M., Kaid Harche M. Addition of wood sawdust during the co-composting of sewage sludge and wheat straw influences seeds germination, *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Volume 168, 2019, Pages 423-430, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.075>.

184. Lasat M. M. 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*, 2(5), 1–25.
185. Lipski R. Wykorzystanie biomasy jako energii odnawialnej w Polsce na przykładzie ciepłowni opalanej słomą w gminie Wieniawa. *Motrol.* – Lublin. – T. 13. – 2011. – C. 164 – 172
186. Lopushniak V., Hrytsuliak H., Jakubowski T., Polutrenko M., Karavanovych K., Kachala T. Indices of Soil and Plant Cover Pollution Due to Re-Introduction of Sediment Water Under the Energy Willow on Aluvisol of Ukraine /*Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(3), pp. 201–211
187. Lopushniak V., Hrytsuliak H., Lopushniak G. Statistical Analysis of the experimental data on the content of heavy metals in sod-podzolic soils, depending on the introduction of sewage sludge under energy willow *International Journal of Advance and Innovative Research* V 8, issue I (IV) January – March, 2021 S. 346-352
188. Lopushniak V., Hrytsuliak H., Polutrenko M., Lopushniak H., Voloshyn Yu., Kotsyubynska Yu., Baran B. Model of Biomass Productivity under the Influence of Change in the Phytotoxicity of Podzol Soil Due to Reintroduction of Sewage Sludge under Energy Willow. *Journal of Ecological Engineering*, 2022, 23(12), pp. 217–226
189. Lopushniak V., Hrytsuliak H. Environmental soil conditions for entering sewage sludge under energy crops *Environmental soil conditions for entering sewage sludge under energy crops Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference. International Trends in Science and Technology.* –Vol. 1. – Warsa Poland. – February 28. - 2020. – P. 57-60
190. Lopushniak V., Hrytsuliak H. Інтенсивність засвоєння важких металів рослинами верби енергетичної на нафто забруднених територіях *Monografia roskonferencyjna. Science, research, development.* - № 26. – м. Познань (Польща), 27-28 лютого 2020 р. – с.29-34
191. Ociepa-Kubicka A. Wykorzystanie osadów ściekowych i kompostu w nawożeniu roślin energetycznych na przykładzie miskanta i ślazu. *Annual Set The Environment Protection*, 2013. – 15: 2267 – 2278.
192. Rajmund A., Bożym M., Rajmund A. Ocena zawartości metali ciężkich w wiejskich osadach ściekowych i kompostach w aspekcie ich przyrodniczego wykorzystania. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie.* – 2013. – T. 13. – Z. 4(44): 103 – 113.
193. Rode H. The energy of cutting process of a selected energy plant. *Teka.* – Lublin. – V. 11. – 2011. – P. 326 – 334.
194. Sobczyk W. Evaluation of harvest of energetic basket willow / *Wiktoria Sobczyk // Teka.* – Lublin. – V. 11. – 2011. – C. 343 – 353.

195. Usman K., Khan S., Ghulam S., Khan M., Khan N., Khan M. and Khalil S. Sewage Sludge: An Important Biological Resource for Sustainable Agriculture and Its Environmental Implications. *American Journal of Plant Sciences*, Vol. 3 No. 12, 2012, pp. 1708-1721. doi: 10.4236/ajps.2012.312209.
196. Wilk J. Franciszek Wolańczyk. Właściwości energetyczne produktów ubocznych oczyszczalni ścieków. *Politzka Energetyczna – Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia – tom 11 (2008). – zeszyt 2. – s. 139 - 149.*
197. Xiao-xia Guo, Hong-tao Liu, Shu-biao Wu. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Science of The Total Environment*. Volume 662. 2019. Pages 501-510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137>.
198. Załącznik nr. 4 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu. *Dziennik Ustaw*, 2013, Poz. 38.
199. Adobe Systems Inc. Графічна програма Adobe Audition CS3. Опис основних характеристик та функцій. [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://www.adobe.com/products/AdobeAuditionfamily/html>
200. Пінчук О. П. Проблема визначення мультимедіа в освіті: технологічний аспект / О. П. Пінчук // *Нові технології навчання: наук.-метод. зб.* – К., 2007. – № 46. – С. 55–58
201. Синиця М. О. Використання мультимедійних технологій у навчальному процесі ВНЗ як засіб формування педагогічних знань // *Професійна педагогічна освіта: становлення і розвиток педагогічного знання: монографія* / за ред. проф. О. А. Дубасенюк. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. – С. 418-438.
202. Соловйов В.О. Інноваційні технології в дизайні. – Навчальний посібник. – К., КНУТД, 2012.- 67 с.
203. . Сучасні технології електронних мультимедійних видань під ред. Пушкар О.І. [Текст] – Харків: Інжек, 2011 – 437с
204. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах : підручник для вищих навчальних закладів [Текст] / П. Ф. Олексенко, В. В. Коваль, В. С. Лазебний, Г. М. Розорінов, О.О. Скопа [за ред. акад. НАН України В.Ф. Мачуліна]. – К. : Наукова думка, 2014. – 152 с
205. Рвачев, В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения [Текст]: Монография / В.Л. Рвачев. – Киев: Наукова думка, 1982. – 566 с.
206. Salo, V.A. Calculation of stress concentrations in orthotropic cylindrical shells with holes on the basis of a variational method [Text] / V.A. Salo, V.P. Rakivnenko, V.M. Nechiporenko, A.M. Kirichenko, S.A. Horielyshev, D.V. Onopreichuk, V.O. Stefanov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – Vol. 3, Issue 7 (99). – P. 11–17. doi: 10.15587/1729-4061.2019.169631

207. Salo, V.A. Calculation of the spherical elements of non-uniform thickness for structures with holes based on the variational RVR-method [Text] / V.A. Salo, V.M. Nechiporenko, V.P. Rakivnenko, S.A. Horielyshev, N.V. Gleizer, A.V. Kebko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Issue 6/7(108). – P. 36–42. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217091
208. Нечипоренко, В.М. Метод аналітичного опису області існування геометричних параметрів у автоматизованому проектуванні посадок з натягом [Текст] / В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, П.І. Літовченко, А.П. Горбунов // Збірник наукових праць Національної академії національної гвардії України. – Харків : НА НГУ, 2019. – Вип. 1. – С. 70–77.
209. Nechiporenko, V., Salo, V., Litovchenko, P., Rakivnenko, V., Horbunov, A.: Rational Design Solution Based On Mathematical Modeling of an Interference Fit. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., Perakovi'c, D. (eds.): Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering – Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering, pp. 73–80. Springer, Cham (2021). doi: 10.1007/978-3-030-77719-7_8
210. Нечипоренко, В.М. Побудова n-параметричної математичної моделі раціональної посадки з натягом при її автоматизованому проектуванні для бандажних з'єднань [Текст] / В.М. Нечипоренко, П.І. Літовченко, В.А. Сало, Л.П. Іванова // Збірник наукових праць Національної академії національної гвардії України. – Харків: НА НГУ, 2014. – Вип. 2. – С. 73–78.
211. Нечипоренко, В.М. Критерій вибору раціональних значень параметрів посадки з натягом при автоматизованому проектуванні [Текст] / В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, П.І. Літовченко, А.П. Горбунов, Д.А. Босик // Збірник наукових праць Національної академії національної гвардії України. – Харків: НА НГУ, 2020. – Вип. 1. – С. 13–20.
212. Нечипоренко, В.М. Ефективний метод вибору посадки з натягом на основі автоматизованої побудови комп'ютерної моделі [Текст] / В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, П.І. Літовченко, Л.А. Гребеник, Л.П. Іванова // Збірник наукових праць Національної академії національної гвардії України. – Харків: НА НГУ, 2021. – Вип. 1. – С. 103–109.
213. Свідоцтво № 99502 від 04.09.2020 про реєстрацію авторського права на твір за темою «Проектування раціональних посадок з натягом на основі багатопараметричних математичних моделей області їх існування» на комп'ютерну програму «Interference Fit» / П.І. Літовченко, В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, Я.В. Павлов.
214. Літовченко, П.І. Новий науково обґрунтований метод автоматизованого проектування посадок з натягом [Текст] / П.І. Літовченко, В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, Л.П. Іванова // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків: АВВ МВСУ, 2013. – Вип. 1. – С. 74–79.

215. Україна посяде друге місце в світі за обсягами експорту зерна, – міністр [Електронний ресурс] // iPress.ua. – 16. – Режим доступу до ресурсу:https://ipress.ua/news/ukraina_posyade_druga_mistse_v_sviti_za_obsyagam_u_eksportu_zerna__ministr_30843.html.
216. Мартьянич, А. В. Культуртехнічні роботи з відновлення занедбаних сільськогосподарських земель [Текст] / А. В. Мартьянич, Н. В. Оболенський // Наука в Україні. Загрози та можливості: Зб. наук. ст. за матеріалами міжнар. наук.-практ. конф. – Наукова думка., 2015. - С. 45-48.
217. Військові шрами на українських полях, або Як відновити аграрний ландшафт після бомбардування <https://latifundist.com/blog/read/2884-vijskovi-shrami-na-ukrayinskih-polyah-abo-yak-vidnoviti-agrarnij-landshaft-pislya-bombarduvannya>
218. Даугуль В., Алексенко А. Актуальні питання використання земель сільськогосподарського призначення органами місцевого самоврядування / В. Даугуль, А. Алексенко. — Х. : Фактор, 2018. — 176 с.
219. Uhmeier, A. Some fundamental aspects of wood chipping [Text] / A. Uh-meier / Tappi Journal. – USA, 2015. – № 10. – P. 79-86.
220. Spinelli, R.; Cacot, E.; Mihelic, M.; Nestorovski, L.; Mederski, P.; Tolosana, E. Techniques and productivity of coppice harvesting operations in Europe: A meta-analysis of available data. *Ann. For. Sci.* 2016, 73, 1125–1139.
221. <https://sumypost.com/sumynews/kordon/my-mayemo-najbilshu-protyazhnist-kordonu-z-rosiyeyu-i-praktychno-kozhen-kilometr-vzhe-obstrilyanyj-z-yiyi-terytoriyi-dmytro-zhyvytskyj/>
222. Dias D.R., Botrel D.A., Fernandes R.V.D.B., Borge S.V. (2017), Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods, *Current Opinion in Food Science*, 13, pp. 31-37.
223. Reineccius G. (2019), Use of proteins for the delivery of flavors and other bioactive compounds, *Food Hydrocoll*, 86, pp. 62–69.
224. Chew S. C., Tan C. H., Pui L. P., Chong P. N, Gunasekarany B., Lin N. K. (2019), Encapsulation Technologies: A Tool for Functional Foods Development, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(5), pp. 154-160.
225. Sepelevs I., Stepanova V., Galoburda R. (2018), Encapsulation of Gallic Acid with Acid-Modified Low Dextrose Equivalent Potato Starch Using Spray- and Freeze-Drying Techniques, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 68(3), pp. 273–280.
226. Corrêa-Filho L. C., Moldão-Martins M., Alves V. D. (2019), Advances in the Application of Microcapsules as Carriers of Functional Compounds for Food Products, *Applied Science*, 9(571), pp. 1-18.
227. Bertoft E. (2017), Understanding starch structure: recent progress, *Agronomy*, 7(56), pp. 1-29.

228. Masina N., Choonara Y. E., Kumar P., Du Toit L. C., Govender M., Indermun S., Pillay V. (2017), A review of the chemical modification techniques of starch, Carbohydrate polymers, 157, pp. 1226-1236.
229. Jyothisna E., Hymavathi T.V. (2017). Resistant starch: Importance, categories, food sources and physiological effects. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(2), pp. 67-69.
230. Sanz T., Salvador A., Fiszman S.M. (2008). Evaluation of four types of resistant starch in muffin baking performance and relationship with batter rheology. Eur. Food Res. Technol, 227, pp. 813-819.
231. Tian S., Xue X., Wang X., Chen Z. (2022), Preparation of starch-based functional food nano-microcapsule delivery system and its controlled release characteristics, Frontiers in Nutrition, Available at: doi: 10.3389/fnut.2022.982370.
232. Deshavath N.N., Mukherjee G., Goudac V.V., Veeranki V.D., Sastri C. V. (2020). Pitfalls in the 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. International journal of biological macromolecules, 156, pp. 180-185.
233. Evana, Bareka M. S. (2021), Determination of Vitamin C (Ascorbic Acid) Contents in Two Varieties of Melon Fruits (Cucumis melo L.) by Iodometric Titration, Fullerene Journal of Chemistry, 6(2), pp. 143-147.
234. ДСТУ 3993-2000 Товарознавство. Терміни та визначення. Видання офіційне. Київ ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ 2000.2 ЗАТВЕРДЖЕНО І ВВЕДЕНО В ДІЮ наказом Держстандарту України від 31 жовтня 2000 р. № 627. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : online.budstandart.com/ru/catalog/?id_doc=72392
235. Оцінка якості товарів і послуг підприємств ресторанного господарства має відповідати наказу Міністерства України від 22.07.2008 р №295 «Методичні рекомендації щодо забезпечення якості та безпеки товарів і послуг підприємств ресторанного господарства». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : (http://meold.kmu.gov.ua/minec/control/uk/publish/printable_article?art_id=119977).
236. ДСТУ Б А.1.1-11-94 Показники якості і методи оцінки рівня якості продукції. Терміни та визначення. Чинний від 1994-10-01 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : dnaop.com/doc/44136.doc
237. Ахназарова С.Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии [Електронний ресурс] / С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев// Учебно-методическое пособие. - Москва: РХТУ, 2003. - 76 с. – Режим доступу: https://www.docme.ru/doc/1358567/177.ispol._zovanie-funkcii-zhelatel._nosti-harringtona-pri-r... або <https://www.twirpx.com/file/537756/>

238. Варжапетян, А.Г. Квалиметрия: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.Г. Варжапетян. СПб.: СПбГУАП, 2005. - 176 с. – Режим доступа : http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/928/44928/21706?p_page=34, або <https://www.twirpx.com/file/355973/> або https://www.studmed.ru/varzhapetyan-ag-kvalimetriya-uchebnoe-posobie_c2a4102757f.html
239. Давидова О. Ю. Д 13 Управління якістю продукції та послуг у готельно-ресторанному господарстві: навч. посібник [Електронний ресурс]/ О. Ю. Давидова, І. М. Писаревський, Р. С. Ладиженська; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 468 с. – Режим доступа : <http://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/2116/>
240. Дорохович Н. М. Математичні моделі і розрахунок комплексного показника (оцінки якості), які враховують вимоги державних стандартів або технічних умов / Н.М Дорохович, В В Ярандін, Д В Строкач, Ю Д Стадник // Науков прац УДУХТ, №10, 2001 р , частин II, с. 90 – 91.
241. Зайцева Г. Т., Горпинко Т. М. Технологія виготовлення борошняних кондитерських виробів: Підруч. для проф.-техн. навч. закладів. — К. : Вікторія. 2002. — 400 с.
242. Зінченко Т. В. Спосіб визначення критерію якості виробів [Електронний ресурс] / Т. В. Зінченко, І.Л. Корецька (Патент 51465, опубліковано: 15.11.2002) – Режим доступа : <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/26934/1/51465.pdf>
243. Коваль, О. А. Кінетична теорія моделювання якості й прогнозування терміну придатності харчових продуктів / О. Коваль, В. Гуць, // Товари і ринки. – 2008. - № 2. – С. 67-74.
244. Коваль О.А.Моделювання якості гарбузово-морквяного напівфабрикату / О.А.Коваль, А.О.Сесюк International periodic scientific journal MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien Issue №4 Vol.2 June 2018 p.40-49.– Режим доступа: <https://www.sworld.com.ua/meait/issue04-02-2018.pdf>
245. Топольник В.Г. Квалиметрия в ресторанном хозяйстве: [Текст] монография / В.Г. Топольник, А.С. Ратушный: Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского — Донецк: ДонНУЭТ, 2008. — 243 с.
246. Топольник В.Г. Кількісна оцінка якості готельного продукту [Текст] : монографія / В.Г. Топольник, А.П. Бутова, І.В. Кошавка, А.В. Полякова [та ін.]; Під ред. д-ра техн. наук, проф. В.Г. Топольник. – Донецьк : ДонНУЕТ, 2013. - 208 с.
247. Топольник В.Г. Методика комплексної кількісної оцінки якості процесу подрібнення червоного м'яса курятини / Топольник В.Г., Стукальська Н.М., Кузьмін О.В. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: зб. наук. пр. — Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2012. — № 12 (183). ч. 1. — С. 281–287.

248. Ющенко Н.М. Курс лекцій з дисципліни “Оптимізація технологічних процесів галузі” для студентів спеціальності 091709 “Технологія зберігання, консервування та переробки молока” [Електронний ресурс] Н.М. Ющенко / – Режим доступу: <http://bibl.com.ua/matematika/7533/index.html>