

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка
Фізико-математичний факультет

ISSN 2413-1571 (print)
ISSN 2413-158X (online)

ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Том 39, № 1

Суми – 2024

**Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол № 7 від 26.02.2024 р.)**

Редакційна колегія

М.П. Вовк	доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник (Україна)
М.Гр. Воскоглу	доктор філософії, почесний професор математичних наук (Греція)
М.Г. Друшляк	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Р.А. Зіатдінов	доктор педагогічних наук, професор (Південна Корея)
А.П. Кудін	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
О.Ю. Кудріна	доктор економічних наук, професор (Україна)
О.О. Лаврентьева	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Т.Д. Лукашова	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
Т.Ю. Осипова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
М.В. Працьовитий	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
Д.О. Сарфо	доктор педагогічних наук, професор (Гана)
О.В. Семеніхіна	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.М. Семеног	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
В.І. Статівка	доктор педагогічних наук, професор (Китай)
І.Я. Субботін	доктор фізико-математичних наук, професор (США)
О.С. Чашечникова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.В. Шкільний	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
А.М. Добровольська	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
О.О. Пипка	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
С.Д. Фатмар'янті	доктор фізичних наук, Університет Мухаммадії Пурворехо (Індонезія)
В.О. Швець	кандидат педагогічних наук, професор (Україна)
В.Г. Шамо́ня	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 39, № 1. Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Фізико-математичний факультет ; редкол.: О.В. Семеніхіна (гол.ред.) [та ін.]. Суми : [СумДПУ ім. А.С. Макаренка], 2024. 79 с.

*Наказом МОН України №1412 від 18.12.2018 р. журнал
«Фізико-математична освіта» затверджено як **фахове
наукове видання категорії «Б»** у галузі педагогічних
наук (13.00.02 – математика, фізика, інформатика;
13.00.10) і за спеціальностями 011, 014, 015.*

Журнал індексується наукометричною базою **Index Copernicus Journals Master List**

Автори статей несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.

Висловлені авторами думки можуть не співпадати з точкою зору редакції.

**УДК 53+51]:37(051)
DOI: 10.31110/2413-1571**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Makarenko Sumy State Pedagogical University
Physics and Mathematics Faculty**

**ISSN 2413-1571 (print)
ISSN 2413-158X (online)**

PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION

Scientific Journal

Vol. 39, No 1

Sumy – 2024

**Recommended for publication of the Academic Council
of Makarenko Sumy State Pedagogical University
(protocol No 7 from 26.02.2024)**

Editorial Board

M.P. Vovk	Doctor of Pedagogical Sciences, Senior Research Fellow (Ukraine)
M.Gr. Voskoglou	Doctor of Philosophy, Professor Emeritus of Mathematical Sciences (Greece)
M.G. Drushlyak	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
R.A. Ziatdinov	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (South Korea)
A.P. Kudin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
O.Yu. Kudrina	Doctor of Economic Sciences, Professor (Ukraine)
O.O. Lavrentjeva	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
T.D. Lukashova	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
T.Yu. Osyova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
M.V. Pratsiovytyi	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
J.O. Sarfo	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ghana)
O.V. Semenikhina	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.M. Semenog	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
V.I. Stativka	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (China)
I.Ya. Subbotin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (USA)
O.S. Chashechnykova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.V. Shkolnyi	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
A.M. Dobrovolska	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Ukraine)
O.A. Pypka	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
S.D. Fatmaryanti	Dr. of Physics Education, Universitas Muhammadiyah Purworejo (Indonesia)
V.O. Shvets	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Professor (Ukraine)
V.G. Shamonia	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)

F 45 Physical and Mathematical Education : Scientific Journal. Vol. 39, No 1. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2024. 79 p.

The authors of the articles are responsible for the authenticity of the information (the accuracy of the presented information in the article, quotations, statistical materials, etc.) and for the violation of intellectual property rights of others.

Opinions expressed by the authors may not reflect the views of the editors.

**UDC 53+51]:37(051)
DOI: 10.31110/2413-1571**

ЗМІСТ

Васьковська О., Школьний О.	7
ПРО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДОЦІЛЬНИХ ЗАДАЧ ДЛЯ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В НОВІЙ УКРАЇНСЬКІЙ ШКОЛІ	7
Віра М., Самусенко П.	14
РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ GEOGEBRA	14
Ковтонюк М., Коваль Д., Соля О.	21
ЗАСТОСУВАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТЬОГО МАТЕМАТИЧНОГО ПРОСТОРУ ВИКЛАДАЧА.....	21
Мар’єнко М.....	29
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СИСТЕМІ ЗАПИТАНЬ «ЦИФРОГРАМ ДЛЯ ВЧИТЕЛІВ»	29
Микитенко П., Галицький О.....	35
ТЕОРЕТИЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ЗМІСТУ ІНФОРМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ МАГІСТРІВ МЕДИЦИНИ	35
Подласов С., Долянівська О., Матвійчук О.	43
ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИНАМІКИ ТВЕРДОГО ТІЛА В КУРСІ ФІЗИКИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	43
Пожидаєв С.	49
ПРО ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНУ КОРЕКТНІСТЬ ДЕЯКИХ РІВНЯНЬ МЕХАНІКИ	49
Покришень Д.	56
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: КЕЙСИ ВИКОРИСТАННЯ CHATGPT 3.5	56
Фурсенко О., Черновол Н., Бобрицька Г.	64
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ БОЙОВИХ ДІЙ ЯК ЗАСІБ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ОРІЄНТОВАНOSTІ ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ВВНЗ.....	64
Чемерис Г.....	70
ВИЯВЛЕННЯ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОЗНАК І МАРКЕРІВ МОДИФІКАЦІЙ У МЕДІАКОНТЕНТІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕТОДОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ В ЕРУ ДІПФЕЙКІВ.....	70

CONTENTS

Vaskovska O., Shkolnyi O.	7
ON THE USE OF THE METHOD OF EXPEDIENT PROBLEMS TO ACTIVATE STUDENTS' COGNITIVE ACTIVITY IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS IN THE NEW UKRAINIAN SCHOOL.....	7
Vira M., Samusenko P.	14
SOLVING THE LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS USING GEOGEBRA SOFTWARE	14
Kovtoniuk M., Koval D., Soia O.	21
APPLICATION OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN THE MODERNIZATION OF THE TEACHER'S EDUCATIONAL MATHEMATICAL SPACE	21
Marienko M.....	29
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF QUESTIONS «DIGIGRAM FOR TEACHERS»	29
Mikitenko P., Halytskyi O.	35
THEORETICAL DESIGNING THE CONTENT OF IT TRAINING FOR FUTURE MASTERS OF MEDICINE	35
Podlasov S., Dolianovska O., Matviichuk O.	43
RIGID BODY HOME EXPERIMENT IN A PHYSICS COURSE AT A TECHNICAL UNIVERSITY.....	43
Pozhidayev S.....	49
ON THE PHYSICAL AND MATHEMATICAL CORRECTNESS OF SOME EQUATIONS OF MECHANICS....	49
Pokryshen D.	56
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: CASES OF USING CHATGPT 3.5	56
Fursenko O., Chernovol N., Bobrytska H.	64
MATHEMATICAL COMBAT MODELS AS A MEANS OF IMPROVING THE PROFESSION-FOCUSED TEACHING OF MATHEMATICS IN MILITARY UNIVERSITIES.....	64
Chemerys H.	70
DETECTION AND SYSTEMATIZATION OF SIGNS AND MARKERS OF MODIFICATIONS IN MEDIA CONTENT FOR THE DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY TO ENHANCING CRITICAL THINKING IN THE ERA OF DEEPPAKES.....	70

ON THE USE OF THE METHOD OF EXPEDIENT PROBLEMS TO ACTIVATE STUDENTS' COGNITIVE ACTIVITY IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS IN THE NEW UKRAINIAN SCHOOL

Olha VASKOVSKA

Dragomanov Ukrainian State University, Ukraine

o.o.vaskovska@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0009-8942-7329>

Oleksandr SHKOLNYI ✉

Dragomanov Ukrainian State University, Ukraine

o.v.shkolnyi@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3131-1915>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The motivation of students to study a subject at school largely depends on the methodology used by the teacher in the teaching process, and his or her ability to convey new knowledge to students in an interesting and accessible form. This problem becomes especially relevant in the context of the New Ukrainian School project, which involves shifting the emphasis in the learning process from the teacher to the student and puts in the forefront the needs of the latter. For a child to be interested in learning and sufficiently motivated, a teacher should have an answer to the question "Why do we need to learn this?" The method of expedient problems gives one of the possible answers to this question, helps the teacher to motivate the student to study mathematics, and indicates directions for further use of mathematical knowledge. The importance of developing students' ability to apply mathematical knowledge in practice is further confirmed by the results of the International Comparative Studies PISA 2018 and PISA 2022, as well as statistical reports of the Ukrainian Center for Educational Quality Assessment in Mathematics.

Materials and methods. To achieve our goal, we use a theoretical analysis of the methodological literature related to the chosen research topic. We also implement empirical methods, including conducting our own survey via Google Forms, observing the educational process in secondary schools, and analyzing students' performance.

Results. To study the feasibility and possibility of using the method of expedient problems in teaching mathematics in the NUS, we surveyed 290 mathematics teachers with different pedagogical experiences and qualifications from all regions of Ukraine. In particular, we assumed the effectiveness of using expedient problems in the process of teaching mathematics. The survey was conducted anonymously and online via the Google Forms platform. The results of the survey show that a significant number of respondents are familiar with the method of expedient problems and regularly or constantly use such tasks in the learning process. In addition, they are convinced of the need to include such tasks in existing math textbooks. The survey also shows at what stages of the lesson and when studying which content areas of the mathematics course, in the opinion of the respondents, it is most appropriate to use the method of expedient problems.

Conclusions. To ensure the proper quality of students' acquisition of the necessary competencies envisaged by the New Ukrainian School project, the use of appropriate tasks at different stages of the lesson and in the study of different content areas of the school mathematics course is quite appropriate and possible. Although only half of the surveyed teachers currently use such tasks in their pedagogical activities regularly, most of the respondents consider them useful. In addition, teachers express a wish to provide methodological support for the effective implementation of appropriate tasks in the educational process, in particular, in the form of ready-made didactic materials and methodological recommendations for their creation.

KEYWORDS: *New Ukrainian School; competence-based approach to learning; motivation to learn; method of expedient problems; activation of cognitive activity.*

Для цитування:	Vaskovska O., Shkolnyi O. On the use of the method of expedient problems to activate students' cognitive activity in the process of teaching mathematics in the New Ukrainian School. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 7-13. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-01
	Vaskovska, O., & Shkolnyi, O. (2024). On the use of the method of expedient problems to activate students' cognitive activity in the process of teaching mathematics in the New Ukrainian School. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-01
For citation:	Vaskovska, O., & Shkolnyi, O. (2024). On the use of the method of expedient problems to activate students' cognitive activity in the process of teaching mathematics in the New Ukrainian School. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-01
	Vaskovska, O., & Shkolnyi, O. (2024). On the use of the method of expedient problems to activate students' cognitive activity in the process of teaching mathematics in the New Ukrainian School. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-01

ПРО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДОЦІЛЬНИХ ЗАДАЧ ДЛЯ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В НОВІЙ УКРАЇНСЬКІЙ ШКОЛІ

Ольга ВАСЬКОВСЬКА

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Україна

o.o.vaskovska@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0009-8942-7329>

Олександр ШКОЛЬНИЙ ✉

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Україна

o.v.shkolnyi@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3131-1915>

АНОТАЦІЯ

Постановка проблеми. Мотивація учнів до вивчення предмета в школі багато в чому залежить від методики, яку застосовує вчитель у процесі навчання, його вміння в цікавій і доступній формі донести до учнів нові знання. Особливої актуальності ця проблема набуває в контексті реалізації проекту «Нова Українська Школа», який передбачає зміщення акцентів у процесі навчання з учителя на учня, ставить на чільне місце саме його потреби. Для того, щоб дитина була зацікавлена в навчанні та була достатньо мотивованою, варто вчителю мати відповідь на запитання «Навіщо вам потрібно цьому вчитися?». Метод доцільних задач дає одну з можливих відповідей на це запитання, допомагає вчителю мотивувати учня до вивчення математики, вказує напрямки для подальшого використання математичних знань. Важливість розвитку вміння учнів застосовувати математичні знання на практиці додатково підтверджують результати Міжнародних порівняльних досліджень PISA 2018 та PISA 2022, а також статистичні звіти УЦОЯО щодо тестування з математики.

Матеріали та методи. Для досягнення нашої мети ми використовуємо теоретичний аналіз методичної літератури, яка стосується обраної теми дослідження. Також ми впроваджуємо емпіричні методи, зокрема, проведення власного опитування через Google Forms, спостереження за навчальним процесом у загальноосвітніх школах і аналіз успішності учнів.

Результати. Для вивчення питання доцільності і можливості використання методу доцільних задач під час навчання математики в НУШ було проведено опитування 290 вчителів математики з різним педагогічним досвідом та кваліфікацією з усіх областей України. Зокрема, нами було висунуто припущення про ефективність використання доцільних задач у процесі навчання математики. Опитування відбувалося анонімно та онлайн через платформу Google Forms. Результати опитування свідчать, що значна частина респондентів знайомі з методом доцільних задач і регулярно або постійно застосовують такі задачі в навчальному процесі. Крім того, вони переконані в необхідності включення таких завдань до діючих підручників з математики. У опитуванні також відображено на яких етапах уроку та при вивченні яких змістових ліній курсу математики, на думку респондентів, найбільш доцільно використовувати метод доцільних задач.

Висновки. Для забезпечення належної якості набуття учнями необхідних компетентностей, передбачених реалізацією проекту «Нова Українська Школа», використання доцільних задач на різних етапах уроку та при вивченні різних змістових ліній шкільного курсу математики є цілком доречним і можливим. І хоч наразі лише половина опитаних учителів опитаних постійно використовує такі задачі в своїй педагогічній діяльності, але більшість опитаних вважають їх корисними. Крім того, вчителі висловлюють побажання щодо надання методичної підтримки для ефективного впровадження доцільних задач у навчальний процес, зокрема, у вигляді готових дидактичних матеріалів та методичних рекомендацій щодо їх створення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Нова Українська Школа; компетентнісний підхід до навчання; мотивація до навчання; метод доцільних задач; активізація пізнавальної діяльності.

INTRODUCTION

Statement of the problem. Analysis of current research. The New Ukrainian School (NUS), a project to reform the Ukrainian education system, is based on a competency-based approach to learning and aims to create a happy and self-realized personality in the future social and professional life. In other words, the NUS project involves shaping the content of school education based primarily on the needs of the child (NUS, 2024). According to the State Standard of Basic Secondary Education (MES of Ukraine, 2020), the mathematics field is also responsible not only for the formation of professional mathematical competence but also for the acquisition by students of many important general competencies that will contribute to the achievement of this goal. In this context, the problem of activating students' learning and cognitive activity in mathematics, their interest in the learning process itself, and not just in its results, becomes extremely important.

Many studies have been devoted to the problem of activating cognitive activity, both by Ukrainian (Lytvynenko, 2002; Pyrozhenko & Pometun, 2004; Mosychuk et al., 2017; Kochubey et al., 2022; etc.) and foreign authors (Stain, 1998; Baumert et al., 2010; Brett 2012; Plöger et al., 2019; Mahfud et al., 2020; Bakken & Andersson-Bakken, 2021; etc.). Most of them emphasize the importance of students' emotional involvement in the process of cognitive activity in mathematics lessons, as well as a positive perception of mathematics as a science in general and its study at school in particular. Therefore, research on methods of achieving this emotional involvement and forming a positive emotional background in mathematics lessons is relevant and appropriate. The importance of developing students' ability to apply mathematical knowledge in practice is further confirmed by the results of international comparative studies PISA 2018 and PISA 2023 (Mazorchuk et al., 2019; Bychko et al., 2023), as well as statistical reports of the Ukrainian Center for Educational Quality Assurance on mathematics testing (UCEQA 2024).

At the end of the nineteenth century, a well-known mathematician and methodologist of the time, Semen Shokhor-Trotskyi, first proposed the method of expedient problems as an effective tool in teaching mathematics (Shokhor-Trotskyi, 1913).

His idea was to start mathematics lessons with tasks and problems that would encourage students to develop new ideas about the material being studied and to activate their mental activity. This approach not only paved the way for the acquisition of mathematical knowledge, but also encouraged students to actively participate in the learning process. It was this method that evolved into the modern concept of "Learning by doing", which is used in modern methodological science to stimulate students' interest in learning mathematics (sources).

The method of expedient problems can be used at different stages of the lesson and for different purposes, but in this article we will focus on its application at the stage of motivating students to cognitive activity. This stage plays a very important role in creating the basis for further successful learning of mathematics. Motivational tasks help to stimulate students' interest in the subject, forming a positive attitude towards learning. It is important to note that it is at the initial stage of the lesson that the activation of interest in the material being studied has a great impact on the further efficiency and effectiveness of the learning process.

Solving applied problems helps develop problem-solving, critical thinking, and creativity skills. They help students become more interested in mathematics, understand mathematical theory, and prove that the knowledge they have acquired can be applied in practice, including in everyday life. An additional effect of using motivational tasks is to increase students' self-esteem and belief in their abilities. This helps students to be more confident, which, in turn, increases their motivation to continue studying mathematics and achieve success in this area. In addition, motivational tasks can help to engage students who have not previously been interested in math, as well as create a positive emotional background in the classroom. Thanks to such tasks, students can feel that mathematics is not just a set of complex formulas and abstract concepts, but also an interesting and practical tool for solving real problems.

For example, one of the possible motivational tasks in an algebra course could be how to increase revenue from the sale of goods. Students could be asked to solve a problem in which they have to find a way to increase revenue while keeping costs at a minimum. This problem can be quite interesting, as it not only helps students understand not only algebraic methods, but also gives them the opportunity to put their knowledge into practice and experience the importance of math in real life.

The use of appropriate motivational tasks in the study of the main content areas of school mathematics (Numbers and Expressions, Equations and Inequalities, Functions and Their Graphs, Planar and Space Geometry, Elements of Combinatorics and Stochastics) has several advantages. Firstly, such tasks contribute to the implementation of the course on the applied orientation of the mathematics learning process, which helps students see the application of mathematics in real life. Secondly, solving practical problems contributes to the development of students' skills of analysis, critical thinking, and finding optimal solutions in their daily practical activities. Finally, thirdly, this approach makes it possible to establish a connection between abstract theory and its practical application, which can stimulate students to be more active and interested in learning the material in math classes. Although the method of expedient problems is not all-pervasive, and other approaches to learning new material in mathematics lessons should not be underestimated, this method is attractive because it allows students to solve problems independently through communication with classmates. In this context, the teacher only needs to organize the discussion, providing support with appropriate questions.

In this paper, we plan to formulate and experimentally test the hypothesis about the feasibility and possibility of using the method of expedient problems at different stages of the mathematics lesson in the NUS, as well as to find out how popular this method is among the community of Ukrainian mathematics teachers and how they use it in their pedagogical activities. Based on our own pedagogical experience and the results of the analysis of the teacher survey, we will also formulate some recommendations for NUS mathematics teachers on the prospects and possibilities of using the method of expedient problems to activate students' cognitive activity.

METHODS OF RESEARCH

To achieve the research objectives, we use a theoretical analysis of the methodological literature related to the chosen topic. We also use a number of empirical methods: conducting our own survey using Google Forms, observing the educational process in secondary schools, and analyzing students' achievements. In this article, we also use various methods of scientific cognition: comparative analysis to find out different points of view on the problem; systematization and generalization to formulate conclusions and recommendations for enhancing students' cognitive activity in mathematics lessons; we also summarize our own pedagogical experience and the authors' observations of the process of teaching mathematics in Ukrainian schools.

RESULTS OF THE RESEARCH

The theoretical analysis provides the basis for formulating a hypothesis about the appropriateness of using the method of expedient problems in teaching mathematics to secondary school students. To test this hypothesis and determine the prospects for further use of expedient problems in the educational process, we conducted a survey of teachers. The survey was conducted anonymously and online using Google Forms. It involved 290 teachers working with students in grades 5-11 of secondary schools from all regions of Ukraine, who had different work experience and qualifications. Below is a list of questions and an analysis of the answers. If the question included multiple answers, the percentage of the total number of respondents who chose this option is indicated for each of them.

Question 1. Are you familiar with such a method of teaching mathematics as the Method of Expedient problems and how often do you use it ("According to this method, mathematics is taught using tasks. The study of any topic begins with tasks, which naturally provides motivation to study theoretical material. When studying the theoretical material of a topic, students mainly solve problems" (Slepkan, 2006)?)

Answer option	Quantity	%
Yes, all the time	16	5,5
Yes, often	104	35,9
Yes, sometimes	142	48,9
Yes, I do not use	13	4,5
No, I don't use it at all	15	5,2

As we can see, almost all of the surveyed teachers (about 90%) use expedient problems in their work to varying degrees, while only 5% of the respondents are not familiar with the definition of an expedient task. This is natural, since all respondents have a pedagogical education, and thus should be familiar with the classical theory and methods of teaching mathematics, where the corresponding definition is introduced. In addition, the need to activate students' learning and cognitive activity in various ways is always relevant, and the use of appropriate tasks for this purpose seems quite natural.

Question 2. In your opinion, at what stages of the lesson should the method of expedient problems be used (several options are possible)?

Answer option	Quantity	%
Motivation of educational and cognitive activity	221	76,2
Updating basic knowledge and methods	116	40,0
Formation of new knowledge and ways of action	180	62,1
Reinforcement, formation of skills and abilities	144	49,7
Reflection on educational and cognitive activity	70	24,1
Assessment of students' learning achievements	51	17,6

The answers to this question show that the method of expedient problems is most effective at the stage of motivation of educational and cognitive activity, as the student needs to be interested, show the need to study a new topic, and reach most of the audience. At the stage of updating basic knowledge, forming new skills, and consolidating the use of the method of expedient problems is less popular, but still effective, because having learned the basic concepts in the previous stages, the student can already solve problems that were previously beyond his or her reach, which inspires faith in opportunities, increases self-esteem, and motivates further study of mathematics in general. As for reflection and evaluation, the low popularity of the choice is also understandable: much less class time is allocated to these stages, which is sometimes a problem for fully capturing the essence of the task at hand.

Question 3. To which content area in the course of algebra in secondary school, in your opinion, is the method of expedient problems most applicable (multiple choices are possible)?

Answer option	Quantity	%
Numbers and expressions	148	51,0
Equations and inequalities	226	77,9
Functions and their graphs	173	59,7

We focused our attention on algebraic content lines, because for geometric material, the division by content lines does not reflect the possibilities of applying the method. Here it is better to choose another basis for classification, for example, the class of geometric objects being studied (triangles, quadrilaterals, circle and circle, polyhedra, bodies of rotation, etc.) Unfortunately, the content area "Elements of combinatorics and stochastics" is currently presented in secondary schools in a rather fragmented manner, and therefore it is predictably among the outsiders, not because of its lesser importance, but because of the scope of study.

Among the algebraic content areas, the most popular among the surveyed teachers is the content area "Equations and Inequalities" (almost 78% of respondents). This choice is quite natural, since equations and inequalities are a mathematical model of many processes from different fields: physics, chemistry, biology, economics, etc.

Question 4. In your opinion, what is the best source of relevant tasks?

Answer option	Quantity	%
A current math textbook	75	25,9
Collections of tasks	103	35,5
Internet	52	17,9
Own imagination	49	16,9
Other option (specify)	11	3,8

As we can see, the opinions of the surveyed teachers were divided on this issue, as it would be natural, in our opinion, to choose an existing textbook as a source of appropriate tasks. Indeed, a textbook is a book that is always at hand, always with students and teachers. However, current mathematics textbooks, unfortunately, do not contain an appropriate number of appropriate tasks, they are used in explaining new material rather fragmentarily - both to motivate cognitive activity and to form new knowledge and ways of doing things. The results of the survey show that teachers are dissatisfied with the number of appropriate tasks in textbooks and that an urgent problem is to increase the number of such tasks in NUS math textbooks.

The most popular source of appropriate tasks (more than a third of respondents) was collections of tasks, which is also understandable, since for each individual class and even sometimes for each individual student, an appropriate task should be selected personally. Only about one in six of the respondents mentioned their own imagination as the best source of appropriate tasks, which also seems natural, since there are not many teachers capable of pedagogical creativity. It is somewhat surprising that the Internet is still not a trend as a source of appropriate tasks, which further emphasizes the relevance of such developments and the appropriateness of their placement on the Internet. Among the other options mentioned, it was said that all of the above are the best sources, i.e. they work together.

Question 5. In your opinion, is the method of expedient problems applicable to every topic of the secondary school algebra course?

Answer option	Quantity	%
Yes, to all of them	26	9,0
To most	186	64,1
No, only to some topics	77	26,6
This method is not appropriate for algebraic topics	1	0,3

As noted above, the method of expedient problems cannot claim to be universal, since we should not forget about the classical methods of teaching mathematics. However, it is quite popular among teachers and is constantly used by them in their pedagogical activities - almost two-thirds of respondents believe that it is appropriate for studying most topics in the algebra course.

Question 6. How do you assess the degree of students' interest in learning mathematics when using the method of expedient problems?

Answer option	Quantity	%
High degree of interest	78	26,9
Moderate level of interest	187	64,5
Low level of interest	9	3,1
I have no information	16	5,5

Almost two-thirds of the respondents said that the use of expedient problems has a moderate effect on the level of students' interest in learning mathematics. This is also consistent with our theoretical considerations, since none of the teaching methods can act as a panacea for activating cognitive activity, including the method of expedient problems studied in this paper. One of the possible reasons for the moderate effect of using expedient problems is that teachers were unable to find an area of direct interest to students in a particular class when studying a particular topic. Teachers who do not have information about the degree of students' interest in mathematics after using the method of expedient problems (less than 6%), in our opinion, should conduct a survey among their students, because without feedback it is difficult to improve the educational process.

Question 7. What advantages do you see in using the method of expedient problems in teaching mathematics? The most popular answers to this question include the following:

- students can answer the question "Why do we need to learn this?"
- conscious learning of mathematics;
- students become more motivated;
- applied orientation of what is learned;
- avoidance of formalism when learning a new topic;
- development of logical and critical thinking;
- development of students' competencies.

This list is a generalization of the opinion of the interviewed teachers, but there were many more advantages listed. It seems natural to us to choose these positive aspects of using the method of expedient problems, and we believe that this list is an excellent motivator for the use of such tasks in mathematics lessons in NUS.

Question 8. In your opinion, what difficulties can be encountered when using the method of expedient problems?

Among the shortcomings highlighted by the respondents were the following:

- the need to spend a lot of time preparing such tasks;
- lack of data sources for such tasks;
- Difficulties in using tasks with regard to student differentiation;
- general inability of students to use mathematics in practice;
- students' inability to analyze the conditions of a story problem;
- the possibility of choosing a task that will not interest students.

We believe that these difficulties can be overcome, in particular, by teachers studying scientific and methodological literature on this issue, taking advanced training courses and participating in webinars on this topic, as well as other forms of self-education directly related to the use of appropriate tasks. But any path begins with the first step, so we advise teachers to at least try to use this method of activating learning and cognitive activity in mathematics lessons in the NUS.

Summarizing all the survey data, we can note that, in general, according to the respondents, the use of the method of appropriate tasks in teaching mathematics in NUS has significant potential to increase students' interest and motivation. However, the survey shows that teachers need to be careful when choosing and using tasks, paying special attention to the interests and level of students' preparation. It is also important to consider diversity in teaching materials in order to make learning as effective and interesting as possible for each student. The importance of aligning the use of appropriate tasks with

the general methodology of teaching mathematics and the characteristics of each individual class also requires teachers to constantly improve themselves and search for new methods and approaches to teaching. This may include participation in professional development programs, sharing experiences with colleagues, and using innovative technologies in teaching, etc.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

According to our pedagogical experience and the survey of Ukrainian mathematics teachers, the method of expedient problems is well-known and quite popular in the learning process. This method is appropriate for activating the cognitive activity of NUS students, increasing their motivation to learn mathematics and apply mathematical knowledge in practice. Relevant tasks really help to increase students' interest in new mathematical knowledge and make the acquisition of this knowledge emotionally positive and conscious.

At the same time, the survey shows that only a few teachers tend to create expedient problems on their own, even though they see the need for such tasks for most topics in the school mathematics course. Currently, there is a certain shortage of sources of high-quality expedient problems, as they are present only fragmentarily in textbooks, and it is difficult to find them on the Internet, especially in its Ukrainian-language sector. Therefore, it can be assumed that the community of experts in the field of mathematics didactics is requested by mathematics teachers to create a sufficient number of expedient problems, in particular, to include such tasks in existing mathematics textbooks.

One of the possible answers to this request is the 7th grade mathematics textbook by the NUS team of Oleksandr Shkolnyi, Yevhen Nelin, Andrii Mylianyk, and Yuliya Prostakova, which has been approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine for use in the educational process. In this textbook, which is currently being piloted (pilot manuals: Shkolnyi et al., 2023), each item begins with a discussion of a relevant task that motivates students to study the relevant educational material. It is planned to continue to implement this approach in the NUS math textbooks for grades 8 and 9.

Another possible answer to the teachers' request to create a sufficient number of appropriate tasks is separate textbooks with motivational appropriate tasks, which, although infrequently, continue to be published in Ukraine (Voyevoda 2012; Merzliak et al., 2024; etc.), as well as certified courses and publications for teachers on Ukrainian educational resources on the Internet (e.g., MAS, 2024; Vseosvita, 2020; Osvitoria, 2023; etc.). Such manuals and e-resources will to some extent satisfy the need for teachers to have appropriate tasks and will contribute to the proper formation of professional and general competencies of NUS students.

In general, we recommend the widespread use of expedient problems in the study of all topics of the school mathematics course and at different stages of the mathematics lesson in the NUS. At the same time, the selection of appropriate expedient problems should be carried out taking into account the characteristics of the student group and the peculiarities of the methodological style of an individual mathematics teacher. With proper training and self-education, it will not be difficult for a teacher to select such tasks, in particular, using didactic materials that are currently being actively created by specialists in mathematics teaching methods.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bakken, J., & Andersson-Bakken, E. (2021). The textbook task as a genre. *Journal of Curriculum Studies*, 53(6), 729–748.
2. Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
3. Brett, R. (2012). *Bethe Miracle: 50 Lessons for Making the Impossible Possible*. Grand Central Publishing.
4. Bychko, G., et al. (2023) *Nacionalnyi zvit za rezultatamy PISA-2022 [National report on the results of PISA 2022]*. URL: https://osvita.ua/doc/files/news/907/90711/PISA-2022_Nacionalnij_zvit_povnij.pdf. (in Ukrainian).
5. Kochubei, T., Kravchuk, N., & Melnykova, O. (2022). Activation of students' cognitive activity in the context of filling educational components with health preserving content. Forming a health preserving competence. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 14(1), 69-92.
6. Lytvynenko, I.P. (2002). *Bahatokanalna diyalnist yak zasib rozvytku poznavalnoi aktyvnosti [Multichannel activity as a means of developing cognitive activity]*. Kyiv, Prosvita. (in Ukrainian).
7. Mahfud, M., Hermawati, W., & Pujiastuti, E. (2020). The effect of training and communication on work motivation and its implications in performance of public high school teachers in Cirebon city. *Test Engineering and Management*, 82 (1-2), 1821-1828.
8. MAS of Ukraine (2024). *Specialnyi kurs "Yak zacikavyty matematykyu?" [Special course "How to get interested in mathematics?"]*. URL: <https://man.gov.ua/educators/courses/spekurs-yak-zacikaviti-matematikoyu>. (in Ukrainian).
9. Mazorchuk, M., et al. (2019). Nacionalnyi zvit za rezultatamy PISA-2018 [National report on the results of PISA 2018]. *Website UCEQA*. URL: https://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/PISA_2018_Report_UKR.pdf.
10. Merzliak, A., Nomirovsky, D., & Yakir, M. (2024). *Vchymosia zastosovuvaty matematyky: teoriya imovirnostey, statystyka, dyskretna matematyka dlia uchniv 7-9 klasiv [Learning to apply mathematics: probability theory, statistics, discrete mathematics for students of grades 7-9]*. Kharkiv, Himnazia. (in Ukrainian).
11. MES of Ukraine (2020). *Derzhavni standarty [State standards]*. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/derzhavni-standarti>. (in Ukrainian).
12. Mosychuk, L.M. (2017). *Metody i pryomy aktyvizacii piznavalnoi diyalnosti uchniv [Methods and techniques for activating students' cognitive activity]*. Methodological manual. Rivne, NMC VET. (in Ukrainian).
13. NUS (2024). *Official website of the New Ukrainian School project*. <https://nus.org.ua>. (in Ukrainian).
14. Osvitoria (2023). *Vpravy na rozihriv mozku: 7 nezvychnykh sposobiv rozpochaty urok matematyky [Exercises to warm up the brain: 7 unusual ways to start a math lesson]*. URL: <https://osvitoria.media/experience/vpravy-na-rozigriv-mozku-7-nezvychnykh-sposobiv-rozpochaty-urok-matematyky>. (in Ukrainian).
15. Plöger, W., Krepf, M., Scholl, D., & Seifert, A. (2019). Looking in the heads of experienced teachers - Do they use the wide range of principles of effective teaching when analyzing lessons? *Australian Journal of Teacher Education*, 44(1), 21-35.

16. Pometun, O.I., & Pyrozhenko, L.V. (2004). Suchasnyi urok. Interaktyvni tehnologii navchannia [Modern lesson. Interactive teaching technologies]. *Scientific and methodological manual*. Kyiv, ASK Publishing House. (in Ukrainian).
17. Shkolnyi, O.V., Nelin, E.P., Mylianyk, A.I., & Prostakova, Yu.S. (2023). *Mathematics. 7th grade*. Textbook. Parts 1, 2, 3. Kharkiv, Ranok. (in Ukrainian).
18. Shokhor-Trotskyi, S.I. (1913). *Geometriya na zadachah [Geometry on problems]*. 2nd ed. Moscow. (in Russian).
19. Slepkan, Z.I. (2006). *Metodyka navchannia matematyky [Methodology of teaching mathematics]*. 2nd ed. Kyiv, Vyshcha Shkola. (in Ukrainian).
20. Stain, B.S. (1988). *Memory and Creativity. Handbook of Creativity*. Ed. of J.A. Glover and others. New York and London, Plenum Press.
21. UCEQA (2024). *Oficiyni zvity pro provedennia ZNO/NMT [Official reports on the conduct of EIT/TMT]*. URL: <https://testportal.gov.ua/ofzvit>. (in Ukrainian).
22. Voyevoda, A.L. (2012). *Zacikavyty matematykoyu [Getting interested in mathematics]*. 2nd ed. Vinnytsia, Lehkun Print. (in Ukrainian).
23. Vseosvita (2020). *Yak zacikavyty ucniv matematykoyu: 6 idey dlia zakhoplyvoho navchannia [How to get students interested in math: 6 ideas for exciting learning]*. URL: <https://vseosvita.ua/news/yak-zatsikavyty-shkoliariv-matematykoiu-6-idei-dlia-zakhoplyvoho-navchannia-6083.html>. (in Ukrainian).

Text of the article was accepted by Editorial Team 16.01.2024



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ GEOGEBRA

Марина ВІРА ✉

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна
vyramaryna@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9781-5211>

Петро САМУСЕНКО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна
psamusenko@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4241-6173>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Перехід до дистанційного навчання змусив вчителів широко використовувати засоби комп'ютерного навчання, які мають необмежений спектр можливостей при вивченні математики. Практична значущість цих засобів надзвичайно велика. Поряд із їх безпосереднім застосуванням, вони також спонукають до практичного застосування здобутих теоретичних знань. Проте варто дотримуватись балансу в питанні використання даних засобів. Адже вони являють собою ефективний допоміжний засіб навчання і не здатні самостійно сформувати цілісну систему знань учня.

В даній статті розглядаються задачі лінійного програмування з використанням програмного сервісу GeoGebra, вивчається проблема ефективного поєднання традиційних методів та засобів комп'ютерного навчання до опанування зазначеної тематики.

Матеріали і методи. У дослідженні використовувалися методи наукового пізнання: порівняльний аналіз для з'ясування різних поглядів на проблему та визначення напрямку дослідження; систематизація та узагальнення для формулювання висновків та рекомендацій.

Результати. Запропоновано низку задач лінійного програмування, розв'язання яких передбачає поєднання традиційних методів з можливістю демонстрації динамічної моделі розглядуваної задачі в середовищі GeoGebra.

Висновки. Запропоновані задачі безумовно будуть корисними учням для усвідомлення практичної значущості математики і тим самим сприятимуть активізації пізнавальної діяльності здобувача.

Матеріал статті може бути використаний для підготовки та проведення факультативних занять, оскільки дозволяє зорієнтуватися в сучасній методичній літературі з даної тематики та зазирнути в творчу майстерню провідних науковців в галузі методики навчання математики.

Стаття містить методичні рекомендації і адресована вчителям, студентам-математикам вишів, розробникам шкільних навчальних програм з математики, підручників з курсу алгебри і початків аналізу, аспірантам, науковцям в галузі теорії та методики навчання математики.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лінійне програмування; задачі оптимізації; алгоритм розв'язання; GeoGebra.

Для
цитуювання:

Віра М., Самусенко П. Розв'язання задач лінійного програмування із застосуванням програмного засобу Geogebra. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 1. С. 14-20. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-02
Віра, М., & Самусенко, П. (2024). Розв'язання задач лінійного програмування із застосуванням програмного засобу Geogebra. *Фізико-математична освіта*, 39(1), 14-20. <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-02>

For
citation:

Vira, M., & Samusenko, P. (2024). Solving the linear programming problems using Geogebra software. *Physical and Mathematical Education*, 39(1), 14-20. <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-02>
Vira, M., & Samusenko, P. (2024). Rozv'iazannia zadach liniinoho prohramuvannia iz zastosuvanniam prohramnoho zasobu Geogebra [Solving the linear programming problems using Geogebra software]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 39(1), 14-20. <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-02>

SOLVING THE LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS USING GEOGEBRA SOFTWARE

Maryna VIRA✉

Nizhyn Mykola Gogol State University, Ukraine

vyramaryna@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9781-5211>

Petro SAMUSENKO

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

psamusenko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4241-6173>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The transition to distance learning has forced teachers to use widely computer-based learning tools, which have an unlimited range of possibilities in the study of mathematics. The practical significance of these means is highly significant. Along with their direct application, they also encourage the practical application of acquired theoretical knowledge. However, it is worth maintaining a balance in the issue of using these tools. After all, they cannot independently form a complete system of student knowledge and are an auxiliary means of learning. The article examines the problems of linear programming using the GeoGebra software service, particularly the problem of an effective combination of traditional and modern approaches to the study of the specified subject.

Materials and methods. We also used methods of scientific knowledge: comparative analysis to clarify different views on the problem and determine the direction of the research, systematization, and generalization for formulating conclusions and recommendations.

Results. The authors of this article propose to consider a set of linear programming problems, the solutions of which are combined with traditional methods with the possibility of demonstrating a dynamic model of the considered problem in the GeoGebra environment.

Conclusions. The proposed tasks will help students realize the practical significance of mathematics and thereby contribute to activating their cognitive activity. The article's material can be used for the preparation and conducting of optional classes, as it allows you to orient yourself in the modern methodical literature on this topic and to look into the creative workshop of leading scientists in mathematics teaching methods. The article contains methodological recommendations and is addressed to teachers, mathematics students of higher education institutions, developers of school mathematics curricula, textbooks on the course of algebra and beginnings of analysis, graduate students, scientists in the field of theory, and methods of teaching mathematics.

KEYWORDS: linear programming; optimization problems; solution algorithm; GeoGebra.

ВСТУП

Постановка проблеми. Сучасна шкільна освіта стоїть перед багатьма викликами. Одним з найбільш серйозних викликів є проблема мотивації учня до вивчення математичного матеріалу в умовах дистанційного навчання і військового стану, оскільки лише мотивований учень здобуватиме знання свідомо та активно. На нашу думку, навчальний матеріал має бути тісно пов'язаний із практичними потребами сьогодення. Тому доцільно розглядати задачі практичного змісту, зокрема задачі на оптимізацію, що приводять до задач лінійного програмування. І незважаючи на те, що розв'язування таких задач не входить до програмового матеріалу з математики, він є важливим засобом формування дослідницької компетентності здобувача.

Наочність, практичність і системність – важливі принципи дидактики, які мають бути реалізовані для активізації пізнавальної діяльності учнів при вивченні математики. Дотримання цих принципів можливе завдяки використанню засобів комп'ютерного навчання, зокрема комп'ютерного середовища GeoGebra. Середовище GeoGebra дозволяє проілюструвати складні та незрозумілі поняття. Однак слід дотримуватись збалансованого використання традиційних підходів та сервісу GeoGebra.

Дана стаття присвячена дослідженню можливості розв'язування задач лінійного програмування шляхом поєднання раціональних обчислювальних прийомів та використання програмного сервісу GeoGebra. Вважаємо, що досліджувана тематика є актуальною, оскільки демонструє можливості застосування ІКТ (зокрема GeoGebra) до розгляду ряду оптимізаційних задач та їх ефективного поєднання.

Аналіз актуальних досліджень. На сьогодні існує велика кількість програм факультативів, в яких розглядаються задачі лінійного програмування («Прикладні задачі на екстремум», «Економіко-математичне моделювання», «Задачі лінійного програмування») (Прокопенко та ін., 2011). Проте вивчення цих задач школярами потребує ґрунтовних знань і навичок використання лінійних функцій, рівнянь і нерівностей в нестандартних ситуаціях як засобів математичного моделювання реальних процесів і явищ. Саме тому спершу важливо ознайомитися із теоретичними аспектами розв'язування задач лінійного програмування, наприклад, у навчальних посібниках (Івашук, 2008; Білоцерківський та ін., 2010; Цегелик, 1995), в яких крім теоретичних положень також наведено низку прикладів. Слід відмітити, що більшість задач лінійного програмування, які виникають в економіці, мають «незручні дані» (багато нерівностей, що обмежують область допустимих розв'язків або наявність коефіцієнтів лінійних рівнянь, що вимагають вибору певного масштабу на координатній площині). Саме тому в більшості випадків традиційний метод розв'язування подібних задач забирає багато часу і не є раціональним. Для вирішення таких проблем використовують різні програмні засоби, зокрема, графічні калькулятори. У зв'язку з цим актуальним є питання вибору прикладного програмного забезпечення навчального призначення до дослідження оптимізаційних задач. Ряд вітчизняних вчених досліджували це питання. Зокрема, у статті

(Горошко & Цибко, 2015) розглядаються особливості методики навчання розв'язування задач лінійного програмування з використанням вільно поширюваних програмних засобів LibreOffice Calc та Maxima. А у (Пасічник & Ріжняк, 2020) досліджується проблема методики формування умінь у старшокласників розв'язування та дослідження математичних задач інтегративного змісту засобами інформаційно-комунікаційних технологій (мобільного варіанту графічного калькулятора Desmos). У роботі (Ракута, 2011) наголошується на універсальності системи динамічної математики GeoGebra, функціональні можливості якої дозволяють ефективно використовувати її при вивченні більшості тем шкільного курсу математики і оптимізаційних задач зокрема. Ряд статей закордонних авторів аналізує методичні аспекти навчання математики з використанням цього сервісу. Зокрема, у статтях (Hutkemri et al., 2017; Olsson, 2019; Granberg & Olsson, 2015; Velikova & Petkova, 2019; Chan et al., 2014) обґрунтовано той факт, що використання динамічної програми GeoGebra дозволяє розвивати творчі здібності студентів під час розв'язування математичних задач дослідницького характеру.

У попередній статті авторів (Віра & Самусенко, 2023) розглядаються методичні аспекти використання сервісу GeoGebra до дослідження розв'язності рівнянь та нерівностей з параметром. У даній статті акцентуємо увагу на доцільності застосування цього ж сервісу до аналізу розв'язності задач лінійного програмування графічним методом.

Мета статті. Ознайомити читача із геометричним методом розв'язування задач лінійного програмування; обґрунтувати доцільність поєднання традиційного підходу із можливостями динамічного моделювання розв'язку задачі в середовищі GeoGebra.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час роботи над публікацією використовувалися методи теоретичного аналізу, синтезу та узагальнення положень означеної проблеми.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В даній статті розглянемо деякі задачі лінійного програмування, які часто пропонуються на факультативних курсах, розв'язання яких виконується двома методами: графічним методом та із використанням графічного калькулятора динамічної системи GeoGebra. При цьому спершу слід ознайомити учнів із загальною задачею лінійного програмування, поняттями «цільова функція» та «область допустимих розв'язків», «лінія рівня цільової функції», «екстремальні точки». Вважаємо, що знайомство із подібними задачами слід розпочати із демонстрації графічного методу розв'язування задач лінійного програмування. Також доцільно акцентувати увагу на визначенні алгоритму розв'язання задач лінійного програмування:

1. Побудувати графіки граничних прямих на площині.
2. Виділити область допустимих розв'язків нерівностей системи.
3. Побудувати область допустимих розв'язків.
4. Побудувати вектор-градієнт та лінію рівня цільової функції.
5. Визначити екстремальні точки.
6. Обчислити значення цільової функції в отриманих точках.

У разі обмеженості області допустимих розв'язків можна обчислити значення цільової функції у всіх вершинах області: мінімальне значення – мінімум цільової функції, максимальне значення – максимум цільової функції.

Наведемо приклади.

Задача 1. Визначити такі невід'ємні значення x та y , при яких цільова функція $F(x, y) = 3x + 2y$ досягає свого максимального значення в області, що задається системою нерівностей:

$$\begin{cases} x + 2y \leq 4; \\ x - y \leq 1; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

Розв'язання: розв'яжемо задачу геометричним методом. Розглянемо пряму $x + 2y = 4$. Легко перекоонатися, що ця пряма проходить через точки $(0, 2)$ і $(4, 0)$. Побудуємо цю пряму за двома точками. Відомо, що лінійна нерівність на площині визначає півплощину. Аби визначити яку з двох півплощин вибрати слід підставити у відповідну нерівність координати певної точки на площині, наприклад, $(0; 0)$. Отримаємо правильну нерівність $0 \leq 4$. А це означає, що всі точки із вибраної півплощини задовольняють нерівність (всі точки, що лежать нижче прямої $x + 2y = 4$). Аналогічно побудуємо півплощину, що відповідає другій нерівності, а також врахуємо той факт, що значення x та y є невід'ємними. Отримаємо область (опуклий багатокутник), в якій виконуються одночасно всі обмеження – область допустимих розв'язків (в даному випадку маємо опуклий чотирикутник $ABCD$, рис. 1).

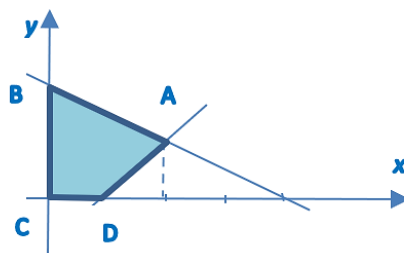


Рис. 1

Джерело: авторська розробка.

Прямі $3x + 2y = w$, де $w = \text{const}$, є лініями рівня цільової функції. Надаючи сталій w різних значень, кожного разу отримаємо іншу пряму. Слід вибрати ту точку $(x; y)$, для якої w набуває найбільшого значення в замкненій чотирикутній області. Екстремальні точки знаходяться у вершинах чотирикутника. Знайдемо координати вершини A як перетин двох ліній $x + 2y = 4$ та $x - y = 1$. Отримаємо $A(2; 1)$. Координати інших точок чотирикутника відповідно дорівнюють $B(0; 2)$, $C(0; 0)$, $D(1; 0)$. Обчисливши значення цільової функції у вершинах цього чотирикутника дістанемо:

$$F(A) = 8, F(B) = 4, F(C) = 0, F(D) = 3.$$

Отже, цільова функція набуває максимального значення в точці A .

Після розв'язування цієї задачі традиційним методом у зошиті варто продемонструвати можливості системи GeoGebra до аналізу цієї задачі. Введемо всі рівняння ліній та нерівностей, що обмежують область; позначимо вершини многокутника як точки перетину відповідних прямих. В окремому рядку слід ввести рівняння ліній рівня у вигляді $y = -1,5x + w$, а в наступному рядку ввести повзунок для параметра w . Слід відрегулювати повзунок для числа w так, щоб лінія рівня проходила через всю область допустимих розв'язків. Зрештою, пряма повинна пройти через одну точку перетину ліній, де цільова функція досягає максимального значення. Ця точка і є оптимальним розв'язком (рис. 2).

<https://www.geogebra.org/calculator/j97rdubz>

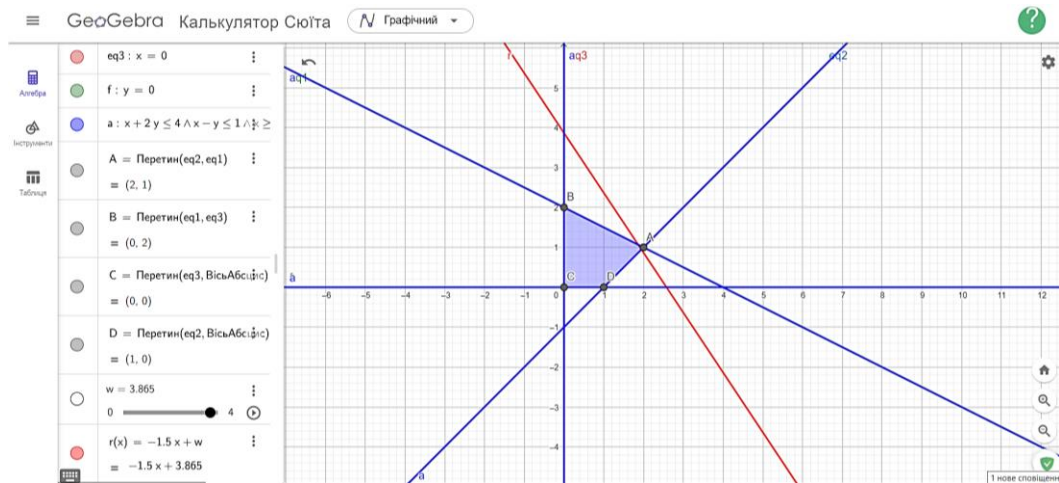


Рис. 2

Джерело: авторська розробка.

Відповідь: цільова функція набуває максимального значення в точці $A(2; 1)$.

Задача 2. Для збереження нормальної життєдіяльності людина повинна споживати білків не менше 120 умовних одиниць (ум. од.), жирів — не менше 70 і вітамінів — не менше 10 ум. од. Вміст їх в кожній одиниці продуктів П1 і П2 дорівнює відповідно $(0,2; 0,075; 0)$ і $(0,1; 0,1; 0,1)$ ум. од. Вартість 1 од. продукту П1 — 2 грн., П2 — 3 грн. Потрібно так організувати харчування, щоб організм отримав необхідну кількість поживних речовин при мінімальній вартості продуктів.

Розв'язання: побудуємо математичну модель даної задачі лінійного програмування. Нехай людина споживає x та y одиниць продукту П1 і П2 відповідно. Побудуємо таблицю

	П1	П2	Обмеження на споживання
Білки	0,2	0,1	не менше 120 у.о.
Жири	0,075	0,1	не менше 70 у.о.
Вуглеводи	0	0,1	не менше 10 у.о.
Ціна одиниці продукту	2 грн.	3 грн.	

Джерело: авторська розробка.

Тоді функція вартості раціону, яка має досягати мінімуму, набуває вигляду

$$F(x, y) = 2x + 3y \rightarrow \min.$$

А систему обмежень можна записати у вигляді системи нерівностей

$$\begin{cases} 0,2x + 0,1y \geq 120; \\ 0,075x + 0,1y \geq 70; \\ 0 \cdot x + 0,1y \geq 10; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

У випадку розв'язування цієї задачі доцільно застосовувати GeoGebra (рис. 3). Ввівши всі нерівності, що утворюють область допустимих розв'язків, робимо висновок, що область необмежена зверху. Досліджуючи цю задачу на мінімум, неважко помітити, що лінія рівня проходить через точку $C(800; 100)$ і цільова функція досягає мінімального значення порівняно із сусідніми точками $A(400; 400)$, $B(0; 1200)$. Отже, $F(C) = 1900$, $F(A) = 2000$, $F(B) = 3600$.

<https://www.geogebra.org/calculator/fysedsqh>

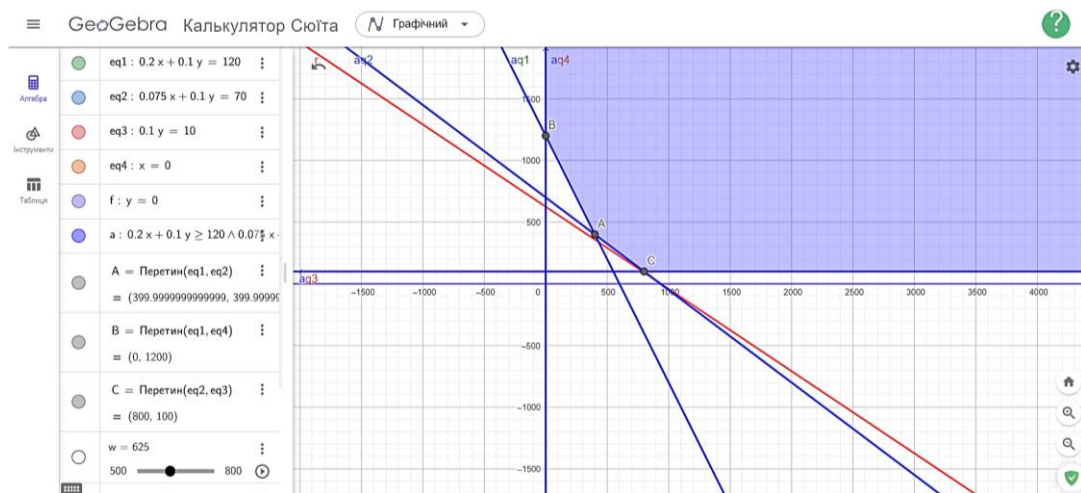


Рис. 3

Джерело: авторська розробка.

Відповідь: споживаючи 800 одиниць продукту П1 і 100 одиниць продукту П2 людина забезпечує нормальну життєдіяльність організму, при цьому мінімізуючи вартість раціону, витрачаючи лише 1900 грн.

Задача 3. Визначити такі невід'ємні значення x та y , при яких цільова функція $F(x, y) = 2x + 3y$ досягає свого максимального значення в області, що визначається системою нерівностей

$$\begin{cases} x + 3y \geq 6; \\ 4x - 5y \geq -20; \\ y \geq 1; \\ x \geq 0. \end{cases}$$

Розв'язання: ввівши рівняння прямих і систему нерівностей, що обмежують область в полі графічного калькулятора Сюїта системи GeoGebra, побачимо, що область допустимих розв'язків є необмеженою. Ввівши сім'ю ліній рівня $y = \frac{4}{3}x + w$, де w пробігає множину значень від 0 до 4, із аналізу динамічної картини можемо побачити, що цільова функція набуває мінімального значення в точці з координатами $(0; 2)$, а найбільшого значення немає (рис. 4).

<https://www.geogebra.org/calculator/p8zv9ze>

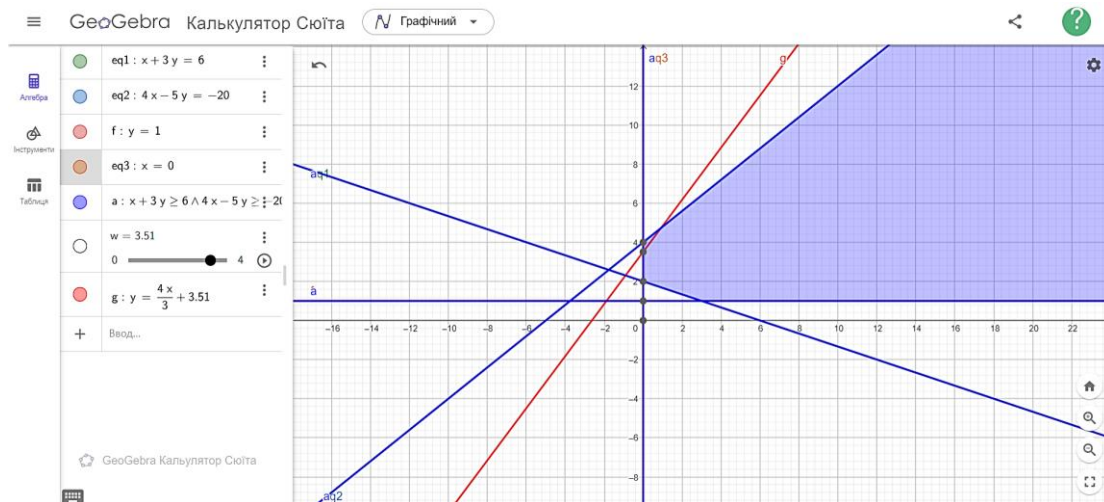


Рис. 4

Джерело: авторська розробка.

Відповідь: найбільшого значення функції у заданій області не існує.

Задача 4. Визначити такі невід'ємні значення x та y , при яких цільова функція $F(x, y) = 14x + 20y$ досягає свого максимального значення в області, що визначається системою нерівностей

$$\begin{cases} x + 3y \geq 6; \\ 7x + 10y \leq 70; \\ 4x - 5y \geq -20; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

Розв'язання: побудувавши множину точок площини, координати яких задовольняють систему нерівностей, побачимо, що область допустимих розв'язків – п'ятикутник $ABCDE$. Побудувавши лінії рівня виду $y = -0.7x + w$, де w

набуває значень із відрізка від 2 до 7, створимо динамічну картину. Очевидно, що лінія рівня паралельна прямій ED . Тому цільова функція набуває свого найбільшого значення у всіх точках відрізка ED і дорівнює 140 (рис.5).
<https://www.geogebra.org/calculator/kf67hbzx>

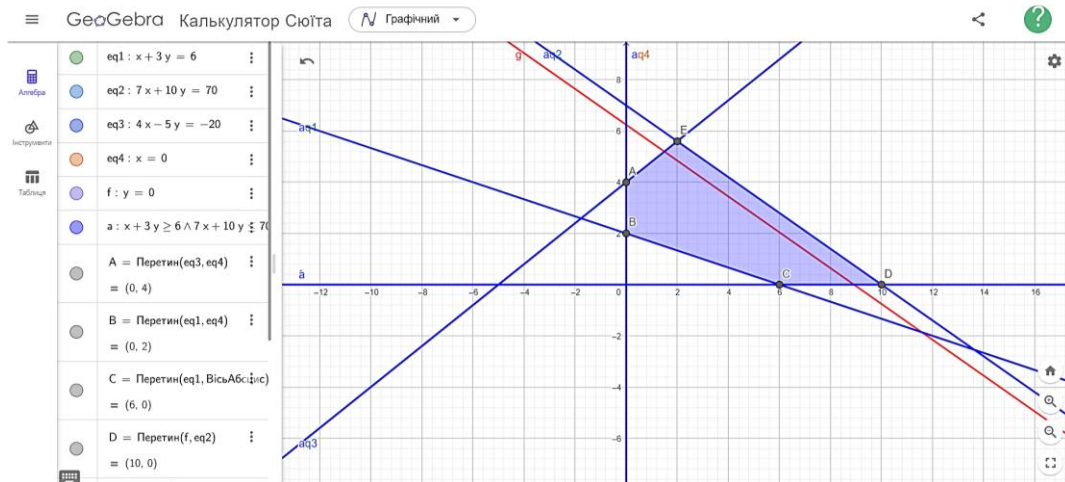


Рис. 5

Джерело: авторська розробка.

Відповідь: задача має безліч розв'язків (всі точки відрізка ED)

ОБГОВОРЕННЯ

Зазначимо, що ефективне формування математичних компетентностей засобами лінійного програмування можливе лише за умови поетапності навчання. Зокрема, перший етап - опанування фактичного матеріалу (понять, властивостей, взаємних зв'язків). Тут можуть виникати труднощі, пов'язані із незвичною концепцією побудови об'єкта вивчення (н-д, графічне зображення області допустимих розв'язків). При цьому слід дотримуватися принципу наступності навчання та подання матеріалу в «зоні найближчого розвитку учня» аби створити ситуацію успіху і тим самим мотивувати учня до активної діяльності. На цьому етапі провідна роль належить неухильному дотриманню принципу наочності навчання. Реалізувати це можна, звичайно, традиційним чином, на уроці, демонструючи всі перетворення на дошці. Але, звісно, значно якісніше можна це здійснювати, використовуючи можливості навчання з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій (зокрема GeoGebra).

Успішне проходження першого етапу навчання, дає змогу переходити до другого етапу – відтворення знань, а вже потім до третього етапу – застосування. Це насамперед передбачає формування вміння розв'язувати задачі на оптимізацію, яке може бути реалізоване лише за умови діяльнісного підходу до навчання. Тут бажано розглянути задачі, які приводять до різних результатів (існує єдиний розв'язок, безліч розв'язків, відсутній оптимальний розв'язок). Четвертий і п'ятий етапи – це відповідно аналіз і порівняння. Щоб забезпечити цей перехід, слід продемонструвати ефективність традиційного методу та методу із використанням GeoGebra до розв'язування однієї і тієї ж задачі з метою порівняння їх затратності по часу, складності перетворень тощо. На цих етапах реалізовується принцип системності навчання, демонструючи тісний зв'язок між різними поняттями шкільної математики. На сьогодні, найвищою ціллю навчання (на шостому етапі) є розвиток креативності. Така ціль може бути досягнута за умови використання сервісу GeoGebra до розв'язування нестандартних задач, наприклад, підбір умови задачі на оптимізацію за відомим розв'язком.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Наведені в статті вправи демонструють можливості використання програмного сервісу GeoGebra до дослідження задач лінійного програмування графічним методом. Розглянуто особливості поєднання традиційного методу викладання і демонстрації динамічної картини розв'язку за допомогою програмного засобу GeoGebra. Слід відмітити, що використання засобу GeoGebra дозволяє досягти таких цілей: структуризація навчального матеріалу; доцільність застосування ІКТ у навчальній діяльності; можливість економії часу, необхідного для подачі матеріалу без втрат у фактичній інформації; результативність; формування предметної компетенції здобувача. Зазначимо, що розв'язування запропонованих задач лінійного програмування є важливим чинником формування структурних елементів математичної компетентності (процедурна компетентність, логічна компетентність, технологічна компетентність, дослідницька компетентність, методологічна компетентність).

Сподіваємося, що наведений огляд літературних джерел та підібрані вправи стануть у нагоді практикуючим вчителям математики для використання в освітньому процесі.

Перспективними вважаємо наукові дослідження у контексті визначення методів роботи над задачами лінійного та цілочисельного програмування з метою активізації дослідницької діяльності учнів засобами програмного сервісу GeoGebra, що є надзвичайно важливим завданням в контексті реформи НУШ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоцерківський, О. Б., Ширяєва, Н. В., & Замула, О. О. (2010). *Економіко-математичне моделювання*: Текст лекцій. Харків, НТУ "ХПІ".
2. Віра, М., & Самусенко, П. (2023). Застосування програмного засобу GeoGebra до розв'язування задач алгебраїчним методом. *Фізико-математична освіта*, 38(1), 7–13. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-001>.
3. Горошко, Ю. В., & Цишко, Г. Ю. (2015). Застосування вільно поширюваного програмного забезпечення до розв'язування задач лінійного програмування. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 3, 11–14.
4. Івашук, О. Т. (2008). *Економіко-математичне моделювання*: Навчальний посібник. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка».
5. Пасічник, Н. О., & Різняк, Р. Я. (2020). Розв'язування математичних задач з реалізацією поліпредметних (економіка, інформатика, математика) інтегративних компонентів. *Фізико-математична освіта*, 2(24), 113–122. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-016>.
6. Прокопенко, Н. С., Вашуленко, О. П., & Єрміна, О. В. (2011). *Збірник програм з математики для допрофільної підготовки та профільного навчання (у двох частинах). Ч. II. Профільне навчання. (Факультативи та курси за вибором)*. Харків, вид-во «Ранок».
7. Ракута, В. М. (2011). Бібліотека комп'ютерних моделей як необхідна складова сучасного навчального середовища. *Наукові записки, серія: Педагогічні науки*, 98. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 246–249.
8. Цегелик, Г. Г. (1995). *Лінійне програмування*. Львів: Світ.
9. Chan, M. K., Seung, W. P., & Joe C. (2014). Affective and motivational factors of learning in online mathematics courses. *British Journal of Educational Technology*, 45 (1), 171–185. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01382.x>.
10. Granberg, C., & Olsson, J. (2015). ICT-supported problem solving and collaborative creative reasoning: Exploring linear functions using dynamic mathematics software. *Journal of Mathematical Behavior*, 37, 48–62.
11. Hutkemri, Z., & Sharifah, Z. (2017). The Effectiveness of the GeoGebra Software: The Intermediary Role of Procedural Knowledge On Students' Conceptual Knowledge and Their Achievement in Mathematics. *EURASIA J Math Sci Tech Ed*, 13(6), 2155–2180.
12. Olsson, J. (2019). Relations between task design and students' utilization of GeoGebra. *Digital experiences in mathematics education*, 5, 223–251.
13. Velikova, E., & Petkova, M. (2019). Analysing Students' Creativity in Integrating GeoGebra Applets in Solving Geometrical Problems. *Baltic J. Modern Computing*, 7(3), 419–429. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.3.08>

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bilotserkivskiy, O. B., Shyriaieva, N. V., & Zamula, O. O. (2010). *Ekonomiko-matematychne modeliuвання [Economic and mathematical modeling]*. Kharkiv, NTU "KhPI". (in Ukrainian).
2. Vira, M., & Samusenko, P. (2023). Zastosuvannya prohramnoho zasobu GeoGebra do rozv'iazuvannya alhebraichnykh zadach z parametrom [The application of geogebra software for solving algebraic problems with a parameter]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(1), 7–13. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-001>. (in Ukrainian).
3. Horoshko, Yu. V., & Tsybko, H. Yu. (2015). Zastosuvannya vilno poshyruvanoho prohramnoho zabezpechennia do rozv'iazuvannya zadach liniinoho prohramuvannya [Application of freely distributed software for solving linear programming problems]. *Kompiuter u shkoli ta simi – Computer in school and family*, 3, 11–14. (in Ukrainian).
4. Ivashchuk, O. T. (2008). *Ekonomiko-matematychne modeliuвання [Economic and mathematical modeling]*. Ternopil: TNEU «Ekonomichna dumka». (in Ukrainian).
5. Pasichnyk, N. O., & Rizhniak, R. Ya. (2020). Rozv'iazuvannya matematychnykh zadach z realizatsieiu polipredmetnykh (ekonomika, informatyka, matematyka) intehratyvnykh komponentiv [Solving of mathematical problems with the implementation of multipicultural (economics, informatics, mathematics) integrative components]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 2(24), 113–122. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-016>. (in Ukrainian).
6. Prokopenko, N. S., Vashulenko, O. P., & Yerhina, O. V. (2011). *Zbirnyk prohram z matematyky dlia doprofilnoi pidhotovky ta profilnoho navchannia (u dvokh chastynakh). Ch. II. Profilne navchannia. (Fakultatyvy ta kursy za vyborom) [A collection of mathematics programs for pre-professional training and specialized training (in two parts). Part II. Profile training. (Electives and optional courses)]*. Kharkiv, vyd-vo «Ranok». (in Ukrainian).
7. Rakuta, V. M. (2011). Biblioteka kompiuternykh modelei yak neobkhdna skladova suchasnoho navchalnoho seredovyscha [The library of computer models as a necessary component of the modern educational environment]. *Naukovi zapysky, seriia: Pedagogichni nauky – Scientific notes, series: Pedagogical sciences*, 98, Kirovohrad: RVV KDPU im. V. Vynnychenka, 246–249. (in Ukrainian).
8. Tsehelyk, H. H. (1995). *Liniine prohramuvannya [Linear programming]*. Lviv: Svit. (in Ukrainian).
9. Chan, M. K., Seung, W. P., & Joe C. (2014). Affective and motivational factors of learning in online mathematics courses. *British Journal of Educational Technology*, 45 (1), 171–185. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01382.x>.
10. Granberg, C., & Olsson, J. (2015). ICT-supported problem solving and collaborative creative reasoning: Exploring linear functions using dynamic mathematics software. *Journal of Mathematical Behavior*, 37, 48–62.
11. Hutkemri, Z., & Sharifah, Z. (2017). The Effectiveness of the GeoGebra Software: The Intermediary Role of Procedural Knowledge On Students' Conceptual Knowledge and Their Achievement in Mathematics. *EURASIA J Math Sci Tech Ed*, 13(6), 2155–2180.
12. Olsson, J. (2019). Relations between task design and students' utilization of GeoGebra. *Digital experiences in mathematics education*, 5, 223–251.
13. Velikova, E., & Petkova, M. (2019). Analysing Students' Creativity in Integrating GeoGebra Applets in Solving Geometrical Problems. *Baltic J. Modern Computing*, 7(3), 419–429. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.3.08>.

Матеріал надійшов до редакції 27.12.2023р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ЗАСТОСУВАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО МАТЕМАТИЧНОГО ПРОСТОРУ ВИКЛАДАЧА

Мар'яна КОВТОНЮК

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
kovtonyukmm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7444-1234>

Денис КОВАЛЬ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
d.koval197@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0009-4510-8924>

Олена СОЯ ✉

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна
soya.o.m@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Проаналізовано теоретичні аспекти імерсивних цифрових технологій, доцільність їх використання в трансфері знань та технологій, що може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, шляхом використання віртуальної реальності та розширеної реальності, що може значно покращити якість освіти та підготовки студентів до реального життя, ці технології можуть допомогти у збільшенні мотивації студентів до навчання, сприяти збільшенню кількості студентів, які здобувають вищу освіту у галузі науки, технологій, інженерії та математики (STEM). Це, своєю чергою, може допомогти в забезпеченні кваліфікованої робочої сили та збільшенні інноваційного потенціалу держави, що є важливим фактором для розвитку інноваційної економіки, і розглядається наразі як один з важливих чинників економічного зростання і технологічного оновлення виробництва в економіці, стратегічного напрямку розвитку економіки й країни в цілому.

Матеріали і методи. Зроблено систематичний огляд праць сучасних науковців, здійснено моніторинг Вебсайтів за тематикою дослідження, використано власний педагогічний досвід та методи наукового пізнання. Для дослідження використання імерсивних технологій у педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів із віртуальною реальністю проведено анкетування студентів.

Результати. Дослідження показало, що вплив імерсивних технологій на освітній процес та навчання студентів університету є досить значущим. Більшість студентів визнали користь використання віртуального освітнього простору (82% опитаних респондентів) та інтерактивних математичних інструментів (86% респондентів). Вони вважають, що такий підхід поліпшує їхнє розуміння математичних концепцій (86% респондентів) та сприяє підвищенню мотивації до вивчення математики (62% респондентів). Додаткові можливості, які надаються викладачам завдяки віртуальним ресурсам, також отримали визнання від студентів. Це може сприяти покращенню методів навчання та створенню більш інтерактивного навчального середовища (88% респондентів). Проте важливо враховувати, що не всі студенти однаково ознайомлені з імерсивними технологіями, і деякі можуть виявити їх менш ефективними порівняно зі звичайними методами навчання.

Висновки. Упровадження імерсивних технологій повинно бути збалансованим та враховувати індивідуальні потреби студентів. У цілому, використання таких технологій у вищій освіті має потенціал покращити навчальний процес та зробити математику більш доступною та цікавою для студентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цифрова освіта; імерсивні технології; моделювання освітнього середовища; віртуальне освітнє математичне середовище; ступінь ознайомленості студентів з імерсивними технологіями.

Для цитування:	Ковтонюк М., Коваль Д., Соя О. Застосування імерсивних технологій в модернізації освітнього математичного простору викладача. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 21-28. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-03
	Ковтонюк, М., Коваль, Д., & Соя, О. (2024). Застосування імерсивних технологій в модернізації освітнього математичного простору викладача. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03
For citation:	Kovtoniuk, M., Koval, D., & Soia, O. (2024). Application of immersive technologies in the modernization of the teacher's educational mathematical space. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03
	Kovtoniuk, M., Koval, D., & Soia, O. (2024). Zastosuvannia imersyvnnykh tekhnolohii v modernizatsii osvithnoho matematychnoho prostoru vykladacha [Application of immersive technologies in the modernization of the teacher's educational mathematical space]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 21-28. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-03

APPLICATION OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN THE MODERNIZATION OF THE TEACHER'S EDUCATIONAL MATHEMATICAL SPACE

Mariana KOVTONIUK

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
kovtonyukmm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7444-1234>

Denis KOVAL

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
d.koval197@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0009-4510-8924>

Olena SOIA ✉

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine
soya.o.m@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0937-299X>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The theoretical aspects of immersive digital technologies and the practicality of their use in the transfer of knowledge and technologies can contribute to increasing the level of competence and qualifications of the younger generation through the use of virtual reality and augmented reality, which can significantly improve the quality of education and student preparation for real life, are analyzed. It can increase student motivation to study and increase the number of students receiving higher education in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) fields. That, in turn, can help in providing a qualified workforce and increasing the innovation potential of the state, which is an essential factor for the development of an innovative economy and is currently considered one of the critical factors of economic growth and technological renewal of production in the economy, the strategic direction of the development of the economy and the country as a whole.

Materials and methods. We used several methods: a systematic review of the works of modern scientists, the monitoring of Websites on the subject of research, and one's own pedagogical experience and methods of scientific knowledge. A student questionnaire was conducted to study the use of immersion technologies in pedagogical practice and to obtain information about the degree of familiarity of students with virtual reality.

Results. The study showed that the impact of immersive technologies on the educational process and learning of university students is quite significant. Most students recognized the benefits of using the virtual educational space (82% of respondents) and interactive mathematical tools (86% of respondents). They believe this approach improves their understanding of mathematical concepts (86% of respondents) and increases motivation to study mathematics (62% of respondents). Students have also recognized the additional opportunities afforded to teachers by virtual resources. That can help improve teaching methods and create a more interactive learning environment (88% of respondents). However, it is essential to consider that not all students are equally familiar with immersive technologies; some may find them less effective than conventional learning methods.

Conclusions. Implementing immersive technologies should be balanced and consider students' individual needs. Using such technologies in higher education can improve the learning process and make mathematics more accessible and exciting for students.

KEYWORDS: digital education; immersive technologies; simulation of the educational environment; virtual educational mathematical environment; degree of familiarity of students with immersive technologies.

ВСТУП

Постановка проблеми. Потреба в інноваціях і їхньому ефективному трансфері в Україні сьогодні є надзвичайно актуальною. Україна є державою зі значним потенціалом у галузі інформаційних технологій та вищої освіти. Однак використання ІТ в освітньому процесі в Україні ще не розповсюджене настільки, як це може бути в кращих закладах вищої освіти (ЗВО) світу. Залучення імерсивних технологій у навчальний процес може покращити якість освіти, збільшити інтерес студентів до вивчення наукових дисциплін, а також допомогти випускникам розвинути потрібні компетентності, здобути необхідні знання та навички для подальшої роботи в індустрії. Крім того, використання ІТ в процесі виробництва є вагомим кроком до підвищення ефективності та конкурентоспроможності української промисловості. Розвиток інноваційного потенціалу та створення нових ринків праці та додаткових можливостей для розвитку бізнесу позитивно впливатиме на економіку країни та зробить її привабливішою для іноземних інвесторів.

Модельовання імерсивних цифрових технологій у математичному освітньому просторі може мати великий потенціал для трансферу інновацій в економічний простір держави. Імерсивні цифрові технології, такі як віртуальна реальність (VR), розширена реальність (AR) та змішана реальність (MR), дозволяють створювати віртуальне середовище, в якому викладач взаємодіятиме із студентами інформацією у більш інтуїтивний та імерсивний спосіб. Використання цих технологій у математичному освітньому просторі допоможе студентам краще розуміти складні математичні концепції та принципи, а також розвивати навички співпраці та комунікації. Якщо інноваційні підходи до освіти, такі як використання імерсивних цифрових технологій, будуть успішно впроваджені в освітній процес, це матиме значний вплив на економіку держави. Наприклад, розвиток нових технологій може призвести до створення нових ринків праці та робочих місць, а також до покращення конкурентоспроможності держави в глобальному економічному просторі. Використання імерсивних цифрових технологій в освітньому процесі створить нові можливості для співпраці між державою та приватним сектором. Зокрема, компанії, що спеціалізуються на розробці імерсивних технологій, можуть взаємодіяти з освітніми установами для розроблення та впровадження нових технологій у навчальний процес.

Аналіз актуальних досліджень. Потреба в інноваціях та їхньому ефективному трансфері в економіку України сьогодні є надзвичайно актуальною. Це передусім пов'язано з необхідністю трансформації сировинно-орієнтованої низько-технологічної економіки України в економіку, орієнтовану на інновації та високі технології.

У цих умовах інновації можуть бути ефективним засобом відновлення та модернізації виробництва та переходу української економіки на вищий технологічний рівень. Перш за все це можна забезпечити за допомогою трансформації технологій Індустрії 4.0 (Інтернет речей, штучний інтелект, аналітика великих даних, робототехніка, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність тощо), які докорінно змінюють технічні процеси виробництва товарів і послуг, маркетингу та інституційної структури суспільства (Васильєва та ін., 2022).

Застосування імерсивних технологій може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, що є важливим чинником для розвитку інноваційної економіки. Про це свідчить аналіз сучасних досліджень. Tao & Zhang (2013) дослідили характеристики багатопроєкційного імерсивного віртуального середовища та акцентували увагу на його важливій ролі в навчанні. Sadana et al. (2016) наголошують, що в галузі AR/VR необхідно переосмислити те, що очікується від дослідницьких зусиль у сфері візуалізації за допомогою імерсивних технологій. Механізми імерсивного навчання у ЗВО вивчали Sonntag & Göbel (2017). Результати систематичного аналізу літератури (Suh & Prophet, 2018) вказують на те, що кількість досліджень імерсивних технологій зростає й потребує додаткових емпіричних досліджень, щоб теоретизувати вплив їх використання. Hoff & Calhoun (2019) описали інновації в підготовці вчителів шляхом підвищення практичного досвіду за допомогою імерсивного моделювання. У статті Simprkins et al. (2020) розглядаються історичні витоки імерсивних технологій й сучасний стан їх розвитку, тематична термінологія, приклади роботи імерсивних технологій в лабораторії прикладної фізики Університету Джона Гопкінса (США) у широкому спектрі сфер застосування. Gaspar et al. (2020) розглядали перспективи імерсивного навчання та актуальні проблеми впровадження імерсивних технологій в навчання за трьома вимірами: доступ, створення та розгортання контенту. PhD дослідження Spittle (2021) спрямоване «на те, щоб визначити, як природні методи введення найкраще реалізуються у звичайних завданнях у імерсивних середовищах, і виявити, як підходи користувача адаптуються залежно від змін чинників навколишнього середовища, контексту взаємодії та використовуваного апаратного забезпечення». Dengel et al. (2021) проаналізували існуючі педагогічні умови для виявлення чинників впливу та викликів, пов'язаних із викладанням і навчанням із імерсивним навчальним середовищем; виокремили рівні для імерсивного викладання та навчання: мікрорівень здобувача освіти, мезорівень вчителя та класу, макрорівень інституційних та державних чинників. Kuhail et al. (2022) зробили систематичний огляд сорока двох статей, щоб «зрозуміти, порівняти та обміркувати новітні спроби інтегрувати імерсивні технології в освіту з використанням семи вимірів: область застосування, використовувана технологія, освітня роль, методи взаємодії, методи оцінювання та проблеми». У дослідженні Huamanchahua et al. (2022) розглядаються основні імерсивні технології, що використовуються в науковій сфері Індустрії 4.0. Стаття Anastasaki et al. (2023) містить систематичний огляд сучасних наукових публікацій про механізми автентифікації користувача на основі імерсивних технологій (на основі знань, біометричні та багатфакторні методи), оскільки ключове значення у використанні імерсивних технологій відіграють конфіденційність, безпека та анонімність користувачів, тому автентифікація користувача є важливою вимогою в цих середовищах. Над переосмисленням навчальних просторів із імерсивним цифровим середовищем зосередили увагу Cooper & Thong (2023). Над дослідженням поточної ситуації та майбутніх тенденцій розвитку імерсивної віртуальної реальності у сфері освіти працювали Wei & Yuan (2023).

У нашій роботі опираємося на досвід Dengel et al. (2021), розрізняючи Immersive Learning як індивідуальні навчальні процеси, що підтримуються імерсивною технологією, й Immersive Teaching як процес навчання за технологією занурення. За Suh & Prophet (2018) імерсивна технологія – це технологія, яка стирає межі між фізичним і віртуальним світами та дозволяє користувачам відчувати відчуття занурення.

Мета статті полягає в аналізі впливу імерсивних цифрових технологій на модернізацію освітнього математичного простору викладача.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зроблено систематичний огляд праць сучасних науковців, здійснено моніторинг Вебсайтів за тематикою дослідження, використано власний педагогічний досвід та методи наукового пізнання. Для дослідження використання імерсивних технологій у педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів із віртуальною реальністю проведено анкетування студентів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Система вищої освіти відіграє важливу роль у розвитку людського капіталу, створенні інноваційних продуктів і побудові економіки інноваційного типу. «Освіта – це перший глобальний напрям, який матиме довгостроковий вплив на розвиток держави. Без розвитку науки неможливі інновації та розвиток новітніх технологій... А майбутнє освіти – за технологіями. ІТ – драйвер економічного зростання країн та інших окремих галузей, оскільки інтегрована в усі сфери економіки. Сьогодні розвиток жодної з індустрій неможливо уявити без новітніх технологій, цифрових рішень та диджиталізації. EdTech-стартапи, створені завдяки інтеграції найновіших технологій, AI та наукових розробок – це майбутнє, яке вже стає частиною нашого повсякденного життя» (Синергія освіти та інновацій, 2023). Зв'язок між системою вищої освіти та інноваційним розвитком країни науковці досліджують у багатьох аспектах (Васильєва та ін., 2022), це і формування інноваційного середовища країни; ринку праці; це і взаємозв'язок між вищою освітою та науковими дослідженнями; це і формування інноваційного підприємництва.

Мулеса & Семеніхіна (2023) зауважили, що «підготовка майбутніх учителів математики та інформатики до застосування засобів віртуальної наочності у професійній діяльності потребує дотримання таких педагогічних умов: 1) посилення мотивації використовувати засоби віртуальної наочності; 2) активне використання засобів комп'ютерної візуалізації у процесі вивчення професійно орієнтованих дисциплін; 3) розвиток здатності до впровадження інновацій в

галузі цифрових технологій». Водночас Mintii et al. (2023) зосередили увагу на визначенні педагогічних умов, що найкраще підготують вчителів STEM до використання інструментів доповненої реальності: 1) доступність імерсивних цифрових освітніх ресурсів для вчителів STEM та мобільного обладнання для доповненої реальності (ноутбуки, планшети, смартфони, окуляри доповненої реальності тощо); 2) включення тем, пов'язаних із доповненою реальністю, у навчальні програми вчителів STEM; 3) використання дослідницьких методологій та інтерактивних технологій у класі STEM, 4) наявність практичного досвіду використання технологій доповненої реальності в навчанні STEM. Тому визначальною є роль ЗВО в обміні знаннями та трансфері технологій, який визначається як «процес переміщення технології з наукового або академічного середовища до промислової організації, що комерціалізує технологію шляхом впровадження нових процесів, розробки та запуску нових продуктів чи сприяння успішним та інноваційним організаційним змінам» (Васильєва та ін., 2022). Автори Ковтонюк та ін. (2023) описали архітектуру цифрових технологій в освітньому середовищі викладача як трансфер інновацій в економічний простір держави.

Для дослідження використання імерсивних технологій в педагогічній практиці та отримання інформації про ступінь ознайомленості студентів Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського із віртуальною реальністю та доповненими розширеними реальностями було проведено анкетування. На участь в дослідженні зголосилися 50 учасників, які навчаються в бакалавраті та магістратурі факультету математики, фізики і комп'ютерних наук. Респондентам було запропоновано відповісти на низку запитань.

Аналіз отриманих відповідей показує, що більшість респондентів (54 %) володіють інформацією про можливості застосування імерсивних технологій в освітньому процесі; 40 % опитуваних вважають, що швидше не ознайомлені, ніж ознайомлені; лише 6 % взагалі не володіють інформацією про можливості застосування імерсивних технологій в освітньому процесі. Результати дослідження свідчать про інноваційний потенціал цих технологій, але також вказують на низький рівень їх використання в розв'язуванні практичних та творчих завдань, при вирішенні реальних проблем і ситуацій (рис. 1).

Аналіз отриманих відповідей свідчить, що більшість респондентів мають певний рівень ознайомленості з можливостями застосування імерсивних технологій в освітньому процесі, що свідчить про інтерес та активність серед студентів у вивченні сучасних технологічних тенденцій. З іншого боку, 40 % опитуваних вважають, що вони швидше не ознайомлені з імерсивними технологіями, що може вказувати на необхідність більш активної інформаційної роботи щодо популяризації цих технологій серед студентів. Отож робимо висновок про потребу у впровадженні інформаційних заходів та навчальних програм, спрямованих на підвищення інформованості та розуміння можливостей імерсивних технологій серед студентів.

Запитання про обізнаність сучасних напрямів розвитку технологій доповненої та віртуальної реальностей (рис. 2), показало такі результати: 40 % студентів знають сучасні напрями розвитку цих технологій; 44 % студентів вважають, що вони скоріш за все, знають про ці напрями, але можливо не в деталях. Це може вказувати на загальну ознайомленість з темою та можливо потребу в глибшому вивченні цих технологій. 14 % студентів вважають, що вони швидше не знають про ці напрями розвитку, тобто у них обмежена або відсутня інформованість щодо технологій доповненої та віртуальної реальності. Лише 2 % студентів відповіли, що вони не знають жодної інформації про ці технології. Ця група є найменш інформованою та потребує найбільшої уваги щодо надання інформації.

Загалом, можна зробити висновок, що існує різний рівень ознайомленості студентів з технологіями доповненої та віртуальної реальності. Для її підвищення серед студентів можуть бути вжиті заходи, такі як лекції, семінари або інші освітні програми, спрямовані на покращення їхніх знань у цій галузі.

Аналіз отриманих відповідей на третє запитання показує, що 30 % респондентів використовували віртуальний освітній простір під час навчання в університеті, що свідчить про наявність певного рівня інтеграції технологій у навчальний процес для цієї частини студентів. 38 % вважають, що вони, скоріш за все, використовували віртуальний освітній простір, але, можливо, це не було дуже поширеним або інтенсивним використанням. 12 % вважають, що вони швидше не використовували віртуальний освітній простір. Та 20 % відповіли, що вони взагалі не використовували віртуальний освітній простір (рис. 3).



Рис. 1. Обізнаність респондентів з можливостями використання імерсивних технологій в освітньому процесі



Рис. 2. Інформованість респондентів про сучасні напрями розвитку технологій доповненої та віртуальної реальностей

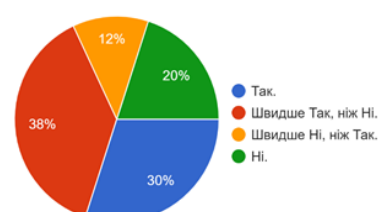


Рис. 3. Використання респондентами віртуального освітнього простору під час навчання

(Рис.1-3) Джерело: авторська розробка.

Загалом, результати свідчать про різноманітність досвіду використання віртуального освітнього простору серед респондентів. Серед ресурсів, які найчастіше використовують респонденти (рис. 4) на першому місці – Відеоуроки на YouTube (96 % респондентів), друге та третє місце розділяють Електронні підручники, та Онлайн тести та вправи, 76 % та 52 % відповідно.

Ці дані свідчать про різноманітність та широкий спектр ресурсів, які використовуються респондентами для навчання, включаючи традиційні інструменти та сучасні онлайнресурси.

Аналіз отриманих відповідей п'яте запитання (рис. 5), свідчить про сприйняття користі віртуального освітнього простору респондентами: 38 % вважають, що віртуальний освітній простір є дуже корисним для їхнього навчання. Це свідчить про високу оцінку і значущість використання віртуальних технологій для цієї частини респондентів. 44 % вважають, що віртуальний освітній простір є корисним, що також свідчить про позитивне сприйняття цих технологій більшістю респондентів. 16 % студентів вважають, що віртуальний освітній простір є середньо корисним. Це може вказувати на те, що для цієї групи респондентів важко визначити однозначну користь від використання цих технологій. Та лише 2 %, які вважають віртуальний освітній простір некорисним.

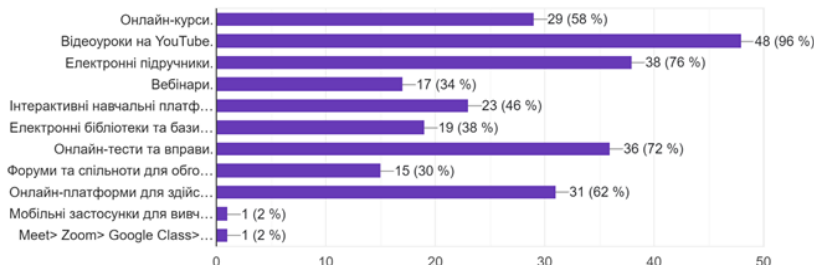


Рис. 4. Використання різноманітних ресурсів для навчання



Рис. 5. Оцінка користі віртуального освітнього простору для навчання

(Рис.4-5) Джерело: авторська розробка.

Результати свідчать про позитивне ставлення респондентів до використання віртуального освітнього простору, його значущість для їхнього навчання, та прийняття користі від використання віртуальних технологій. З переваг, які респонденти відзначають у використанні інтерактивних математичних інструментів у освітньому просторі (табл. 1), найвагоміші переваги це – Зручність і доступність навчання (90 %), Візуалізація математичних концепцій (70 %) та Миттєвий зворотній зв'язок (58 %).

Таблиця 1. Оцінка респондентами переваг використання інтерактивних математичних інструментів у освітньому просторі

Відсоток опитуваних	Відповіді
90 %	Зручність і доступність навчання.
70 %	Візуалізація математичних концепцій.
58 %	Миттєвий зворотній зв'язок.
50 %	Індивідуалізація навчання
50 %	Можливість співпраці та обміну даними
48 %	Оптимізація відслідковування прогресу та вивчених тем
50 %	Зменшення помилок та підвищення точності у розв'язаннях
2 %	Не має переваг

Джерело: авторська розробка.

Аналіз сприйняття студентами можливого впливу віртуального математичного освітнього простору на рівень їхнього розуміння математичних концепцій (рис. 6) є важливим аспектом дослідження використання інноваційних навчальних технологій в освітньому процесі. Наскільки такий віртуальний простір сприяє поліпшенню розуміння математики може мати важливе значення для подальшого розвитку освіти. Згідно отриманих відповідей: 42 % респондентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір може позитивно вплинути на рівень їхнього розуміння математичних концепцій. 44 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір, швидше, може позитивно вплинути на їхнє розуміння математичних концепцій, ніж негативно. 12 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір, швидше, може негативно вплинути на їхнє розуміння математичних концепцій, ніж позитивно. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір не впливає позитивно на їхнє розуміння математичних концепцій.

Отримані дані свідчать про різноманітні погляди студентів на вплив віртуального математичного освітнього простору на їхнє розуміння математичних концепцій. Більшість студентів вважають, що такий простір буде корисним або швидше корисним, але є і ті, хто висловлює сумніви щодо користі цих технологій для вивчення математики.

Аналіз сприйняття студентами можливостей викладачів у використанні віртуальних ресурсів для навчання (рис. 7) є важливим для визначення ставлення до ролі технологій у навчальному процесі. Розуміння, наскільки студенти вважають, що віртуальні ресурси можуть допомогти викладачам в їхній роботі, є важливим аспектом розвитку сучасної освіти. 44 % опитуваних вважають, що викладачі мають додаткові можливості для навчання завдяки віртуальним ресурсам. Інші 44 % вважають, що викладачі, швидше, мають додаткові можливості завдяки віртуальним ресурсам, ніж ні. 10 % студентів вважають, що викладачі, швидше, не мають додаткових можливостей завдяки віртуальним ресурсам. Лише 2 % студентів вважають, що викладачі не мають жодних можливостей завдяки віртуальним ресурсам.

Отримані дані свідчать про загальне прийняття й віру в те, що віртуальні ресурси можуть надавати додаткові можливості для викладачів у навчальному процесі. Більшість студентів вважають, що такі технології можуть покращити роботу викладачів, що підкреслює важливість інтеграції інноваційних ресурсів у сучасну освіту.

Аналіз впливу віртуального математичного освітнього простору на мотивацію студентів до вивчення математики (рис. 8) має важливе значення для розвитку навчальних технологій та підвищення якості освіти. Розуміння, як цей простір впливає на студентську мотивацію, може допомогти оптимізувати навчальні програми та забезпечити більший інтерес до математики.



Рис. 6. Оцінка впливу віртуального математичного освітнього простору на рівень розуміння математичних концепцій



Рис. 7. Ставлення студентів до можливостей викладачів використовувати віртуальні ресурси для навчання



Рис. 8. Вплив віртуального математичного освітнього простору на мотивацію до вивчення математики

(Рис.6-8) Джерело: авторська розробка.

Згідно отриманих відповідей: 44 % студентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір позитивно впливає на їхню мотивацію до вивчення математики. Вони вважають, що віртуальний простір робить навчання цікавішим і заохочує до більш активного вивчення математики. 18 % студентів вважають, що віртуальне навчання може стимулювати їхню мотивацію, оскільки воно надає можливість використовувати інтерактивні інструменти та відслідковувати свій прогрес. 30% студентів вважають, що форма освітнього простору (віртуальний чи традиційний) не впливає на їхню мотивацію до вивчення математики. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальне навчання не впливає на їхню мотивацію, оскільки математика залишається складною для них незалежно від формату. 6 % студентів вважають, що віртуальний простір може навіть знизити їхню мотивацію через відсутність особистого контакту з викладачем та спільнотою.

Аналіз сприйняття респондентами впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики (рис. 9) має велике значення для розуміння, наскільки ці технології можуть робити математику більш доступною для студентів. Це питання стосується як освіти, так і доступності навчання, особливо для тих, хто має обмежений доступ до традиційних ресурсів.



Рис. 9. Сприйняття студентами впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики

Джерело: авторська розробка.

46 % респондентів вважають, що віртуальний математичний освітній простір робить математику доступнішою завдяки зручному навчанню та інтерактивним інструментам. 24 % також вважають, що віртуальне навчання робить математику доступнішою, особливо для тих, хто має обмежений доступ до традиційних ресурсів. Ще 24 % виражають нейтральну позицію і вважають, що доступність віртуального математичного освітнього простору залежить від індивідуальних обставин студента. Лише 2 % студентів вважають, що віртуальне навчання не робить математику більш доступною для всіх студентів. Ще 4 % студентів вважають, що віртуальний простір може бути менш ефективним для розуміння математичних концепцій.

Отримані дані свідчать про різноманітність сприйняття впливу віртуального математичного освітнього простору на доступність математики. Більшість студентів вважають, що такий простір робить математику доступнішою, але існують і ті, хто виражає певні обмеження чи нейтральну позицію. Це свідчить про важливість подальшого дослідження та оптимізації використання віртуальних математичних освітніх ресурсів з метою покращення доступності навчання математики для всіх студентів. Підсумки проведеного нами дослідження корелюють отримані результати з результатами інших дослідників та підтверджують їх актуальність. Для порівняння розглядалися дотичні дослідження з даної проблематики щодо розкриття особливостей імерсивних технологій та їх практичного використання як інструментів модернізації освітнього процесу в контексті євроінтеграції (Сова & Деніжна, 2022) та оцінювання уявлень студентів про застосування імерсивних технологій для покращення досвіду їхнього навчання (Baxte & Haine, 2023).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Проаналізовано теоретичні аспекти імерсивних цифрових технологій, доцільність їх використання в трансфері знань та технологій, що може сприяти підвищенню рівня компетентності та кваліфікації молодого покоління, шляхом використання віртуальної реальності та розширеної реальності, що може значно покращити якість освіти та підготовки студентів до реального життя. Ці технології можуть допомогти у збільшенні мотивації студентів до навчання, сприяти збільшенню кількості студентів, які отримують вищу освіту у галузі науки, технологій, інженерії та математики. Це може допомогти в забезпеченні кваліфікованої робочої сили та збільшенні інноваційного потенціалу держави, що є важливим фактором для розвитку інноваційної економіки, і розглядається наразі як один з важливих чинників економічного зростання і технологічного оновлення виробництва в економіці, стратегічного напрямку розвитку економіки і країни в цілому. Проте важливо враховувати, що не всі студенти однаково ознайомлені з імерсивними технологіями, і деякі

можуть виявити їх менш ефективними порівняно зі звичайними методами навчання. Тому впровадження таких технологій повинно бути збалансованим та враховувати індивідуальні потреби студентів. У цілому, використання імерсивних технологій у вищій освіті має потенціал покращити навчальний процес та зробити математику більш доступною та цікавою для студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Anastasaki, I., Drosatos, G., Pavlidis, G., & Rantos, K. User Authentication Mechanisms Based on Immersive Technologies: A Systematic Review. *Information*, 14 (10), 538. <https://doi.org/10.3390/info14100538>.
- Baxter, G., & Hailey, T. (2023). Using immersive technologies to enhance the student learning experience. *Interactive Technology and Smart Education* Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2023-0078>.
- Cooper, G., & Thong, L. P. (2023). Re-imagining learning spaces with immersive digital environments. In: *Frontiers in Education* (p. 1239797). <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1239797>.
- Dengel, A., Buchner, J., Mulders, M., & Pirker, J. (2021). Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom. In: *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459368>.
- Gaspar, H., Morgado, L., Mamede, H., Oliveira, T., Fernández-Manjón, B., & Guetl, C. (2020). Research priorities in immersive learning technology: the perspectives of the iLRN community. *Virtual Reality*, 24, 319–341. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00393-x>.
- Hoff, D., & Calhoun, W. (2019). Innovation in Teacher Preparation: Enhancing Field Experiences Through Immersive simulation. In: *INTED2019 Proceedings* (pp. 1506–1506). <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0455>.
- Huamanchua, D., de la Cruz-Chavez, R. G., Trinidad-Palacios, A. G., Salinas-Bolaños, Y. A., Rosa-Rodríguez, L. G., & Arancibia-de la Sota, R. A. (2022). The Use of Immersive Technologies in Industry 4.0: A State-of-Art Review. In: *2022 IEEE ANDESCON* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ANDESCON56260.2022.9989739>.
- Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022). Exploring Immersive Learning Experiences: A Survey. *Informatics* 2022, 9, 75. <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>.
- Mintii, M. M., Sharmanova, N. M., Mankuta, A. O., Palchevska, O. S., & Semerikov, S. O. (2023). Selection of pedagogical conditions for training STEM teachers to use augmented reality technologies in their work. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611, 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012022>.
- Sadana, R., Setlur, V., & Stasko, J. (2016). Redefining a contribution for immersive visualization research. In: *Proceedings of the 2016 ACM Companion on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 41–45).
- Simpkins, S. D., Allen, P. D., & DeMatt, N. W. (2020). Overview of Immersive Technology: Terminology, State of the Art, and APL Efforts. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 35 (3), 161–168. <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/content/techdigest/pdf/V35-N03/35-03-Simpkins.pdf>.
- Sonntag, R., & Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In: *International Conference on ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies* (pp. 45–46).
- Spittle, B. (2021). Maximising the Transferability of Interaction Techniques for Immersive Technologies. In: *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 461–464). https://www.open-access.bcu.ac.uk/12316/1/Becky_DoctoralConsortium_ISMAR2021.pdf.
- Suh, A., & Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>.
- Tao, T. T., & Zhang, Y. P. (2013) Multi-Projection Immersive Virtual Environment in the Application of Teaching System. In: *1st Asia-Pacific Computational Intelligence and Information Technology Conference*. (pp. 965–970).
- Wei, Z., & Yuan, M. (2023). Research on the Current Situation and Future Development Trend of Immersive Virtual Reality in the Field of Education. *Sustainability*, 15, 7531. <https://doi.org/10.3390/su15097531>.
- Васильєва, Т. А. (2022). *Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи* : монографія (Т. А. Васильєва, & Ю. М. Петрушенко, Ред.). Суми : Сумський державний університет.
- Ковтонюк, М. М., Косовець, О. П., Соя, О. М., & Леонова, І. М. (2023). Архітектура цифрових технологій в освітньому середовищі викладача як трансфер інновацій в економічний простір держави. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 68, 93–106. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-93-106>.
- Міністерство освіти і науки України. (2023, 13 грудня). *Синергія освіти та інновацій: як розвиватиметься ІТ-освіта в Україні*. <https://mon.gov.ua/ua/news/sinerhiya-osviti-ta-innovacij-yak-rozvivatimetsya-it-osvita-v-ukrayini?fbclid=IwAR3slz4rpg7J9Njug7W75ACUtgsbzJ0AAbMUTaKexRONW3GywKMJ2TeUTzs>.
- Мулеса, П., & Семеніхіна, О. (2023). Педагогічні умови підготовки майбутніх учителів математики та інформатики до використання засобів віртуальної наочності у професійній діяльності. *Фізико-математична освіта*, 38 (2), (с. 37–42). <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-006>.
- Сова М. О., & Деніжна С. О. (2022). Імерсивні технології модернізації освітнього процесу в контексті євроінтеграції. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*, Спецвипуск, Т 2, (с. 130–136). <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2022.spec.2.25>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Anastasaki, I., Drosatos, G., Pavlidis, G., & Rantos, K. User Authentication Mechanisms Based on Immersive Technologies: A Systematic Review. *Information*, 14 (10), 538. <https://doi.org/10.3390/info14100538>.
- Baxter, G., & Hailey, T. (2023). Using immersive technologies to enhance the student learning experience. *Interactive Technology and Smart Education* Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2023-0078>.
- Cooper, G., & Thong, L. P. (2023). Re-imagining learning spaces with immersive digital environments. In: *Frontiers in Education* (p. 1239797). <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1239797>.
- Dengel, A., Buchner, J., Mulders, M., & Pirker, J. (2021). Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom. In: *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459368>.

5. Gaspar, H., Morgado, L., Mamede, H., Oliveira, T., Fernández-Manjón, B., & Guetl, C. (2020). Research priorities in immersive learning technology: the perspectives of the iLRN community. *Virtual Reality*, 24, 319–341. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00393-x>.
6. Hoff, D., & Calhoun, W. (2019). Innovation in Teacher Preparation: Enhancing Field Experiences Through Immersive simulation. In: *INTED2019 Proceedings* (pp. 1506–1506). <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0455>.
7. Huamanchahua, D., de la Cruz-Chavez, R. G., Trinidad-Palacios, A. G., Salinas-Bolaños, Y. A., Rosa-Rodríguez, L. G., & Arancibia-de la Sota, R. A. (2022). The Use of Immersive Technologies in Industry 4.0: A State-of-Art Review. In: *2022 IEEE ANDESCON* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ANDESCON56260.2022.9989739>.
8. Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022). Exploring Immersive Learning Experiences: A Survey. *Informatics 2022*, 9, 75. <https://doi.org/10.3390/informatics9040075>.
9. Mintii, M. M., Sharmanova, N. M., Mankuta, A. O., Palchevska, O. S., & Semerikov, S. O. (2023). Selection of pedagogical conditions for training STEM teachers to use augmented reality technologies in their work. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611, 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012022>.
10. Sadana, R., Setlur, V., & Stasko, J. (2016). Redefining a contribution for immersive visualization research. In: *Proceedings of the 2016 ACM Companion on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 41–45).
11. Simpkins, S. D., Allen, P. D., & DeMatt, N. W. (2020). Overview of Immersive Technology: Terminology, State of the Art, and APL Efforts. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 35 (3), 161–168. <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/content/techdigest/pdf/V35-N03/35-03-Simpkins.pdf>.
12. Sonntag, R., & Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In: *International Conference on ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies* (pp. 45–46).
13. Spittle, B. (2021). Maximising the Transferability of Interaction Techniques for Immersive Technologies. In: *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 461–464). https://www.open-access.bcu.ac.uk/12316/1/Becky_DoctoralConsortium_ISMAR2021.pdf.
14. Suh, A., & Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>.
15. Tao, T. T., & Zhang, Y. P. (2013) Multi-Projection Immersive Virtual Environment in the Application of Teaching System. In: *1st Asia-Pacific Computational Intelligence and Information Technology Conference*. (pp. 965–970).
16. Wei, Z., & Yuan, M. (2023). Research on the Current Situation and Future Development Trend of Immersive Virtual Reality in the Field of Education. *Sustainability*, 15, 7531. <https://doi.org/10.3390/su15097531>.
17. Vasylieva, T. A. (2022). *Tsyfrovi tekhnolohii v osviti: suchasnyi dosvid, problemy ta perspektivy [Digital technologies in education: modern experience, problems and prospects]*. (T. A. Vasylieva, & Yu. M. Petrushenko, Red.). Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet. (in Ukrainian).
18. Kovtoniuk, M. M., Kosovets, O. P., Soia, O. M., & Leonova, I. M. (2023). Akhitektura tsyfrovyykh tekhnolohii v osvitnomu seredovyshchi vykladacha yak transfer innovatsii v ekonomichnyi prostir derzhavy [The architecture of digital technologies in the educational environment of the teacher as a transfer of innovations into the economic space of the state]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern information technologies and innovative education methods in specialist's training: methodology, theory, experience, problems*, 68, 93–106. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-93-106>. (in Ukrainian).
19. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy – Ministry of Education and Science of Ukraine. (2023, 13 hrudnia). *Synerhiia osvity ta innovatsii: yak rozvyvatymetsia IT-osvita v Ukraini [Synergy of education and innovation: how IT education will develop in Ukraine]*. <https://mon.gov.ua/ua/news/sinerhiya-osvity-ta-innovatsii-yak-rozvyvatymetsia-it-osvita-v-ukrayini?fbclid=IwAR3slz4rpg7J9Njug7W75ACUtgsbzJOAAbMUTaKexRONW3GywKMJ2TeUTzs>. (in Ukrainian).
20. Mulesa, P., & Semenikhina, O. (2023). Pedahohichni umovy pidhotovky maibutnykh uchyteliv matematyky ta informatyky do vykorystannia zasobiv virtualnoi naocchnosti u profesiinii diialnosti [Pedagogical conditions for preparing future mathematics and computer science teachers for the usage of virtual clarity tools in professional activities]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38 (2), 37–42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-006>. (in Ukrainian).
21. Sova M. O., & Dienizhna S. O. (2022). Imersyyni tekhnolohii modernizatsii osvitnoho protsesu v konteksti yevrointehratsii [Immersive technologies of modernization of the educational process in the context of European integration]. *Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova – Scientific journal of the M. P. Drahomanov NPU*, Spetsvyppusk, T. 2, 130–136. <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2022.spec.2.25>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 11.01.2024р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СИСТЕМІ ЗАПИТАНЬ «ЦИФРОГРАМ ДЛЯ ВЧИТЕЛІВ»

Майя МАР'ЄНКО ✉

Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, Україна
popel@iitlt.gov.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8087-962X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У 2024 р. в Інституті цифровізації освіти НАПН України розпочато дослідження «Проектування і використання відкритого освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів». Одним з можливих варіантів дослідження стану проблеми є аналіз системи запитань національного тесту «Цифрограм для вчителів». Зміст таких запитань, їх кількість дозволить проаналізувати як саме використовують вчителі той чи інший сервіс, їх поширення та знання з приводу тематики штучного інтелекту.

Матеріали і методи. Системний аналіз педагогічних і загальнонаукових джерел для з'ясування стану розробленості проблеми використання штучного інтелекту в галузі освіти (український та зарубіжний досвід); аналіз педагогічної наукової літератури для виокремлення основних принципів побудови системи запитань національного тесту «Цифрограм для вчителів»; порівняльний аналіз для визначення найважливіших тематичних блоків у тесті «Цифрограм для вчителів».

Результати. Аналіз системи запитань «Цифрограм для вчителів» призвів до формування основних, авторських тематичних блоків за якими можна розподілити усі наявні запитання: Facebook, Додатки Google, YouTube, Електронне урядування, Електронна школа, Робота з браузером, Операційна система Windows, Інклюзивне навчання. Кожен блок містить відповідні складники які його характеризують в повному обсязі. Наприклад, тематичний блок «Додатки Google», до якого відносяться окремі запитання з області штучного інтелекту, складається з сервісів: Google Документи, Google Таблиці, Google Презентації, Google Форми, Google Сайти, Google Клас, Google Диск, Google Карти та Google Зображення.

Висновки. В тесті «Цифрограм для вчителів» лише незначна кількість запитань пов'язана зі штучним інтелектом. Прямих запитань, які б висвітлювали використання сервісів штучного інтелекту в освітньому процесі не виявлено. Побіжно, окремі запитання можна співвідносити з тематикою використання штучного інтелекту (наприклад, ті, що стосуються сервісів Google Зображення чи Google Карти). Таких запитань виявлено лише 2 % (1 запитання з 61 чи 62). Така кількість запитань не допоможе під час проведення констатувального етапу педагогічного експерименту, що заплановано на 2024 р.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: штучний інтелект; Цифрограм для вчителів; система запитань; вчителі; педагогічні кадри; ШІ.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF QUESTIONS «DIGIGRAM FOR TEACHERS»

Maïia MARIENKO ✉

The Institute for Digitalisation of Education of National Academy of Educational Science of Ukraine, Ukraine
popel@iitlt.gov.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8087-962X>

ABSTRACT

Formulation of the problem. In 2024, the Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Science of Ukraine launched the study "Design and Use of an Open Educational Environment with Elements of Artificial Intelligence for the Professional Development of Teaching Staff." One of the possible options for researching the state of the problem is the analysis of the system of questions of the national test "Digigram for teachers." The content of such questions and their number will allow us to analyze how teachers use this or that service, their distribution, and their knowledge about artificial intelligence.

Для цитування:	Мар'єнко М. Штучний інтелект у системі запитань «Цифрограм для вчителів». <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 29-34. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-04
	Мар'єнко, М. (2024). Штучний інтелект у системі запитань «Цифрограм для вчителів». <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 29-34. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-04
For citation:	Marienko, M. (2024). Artificial intelligence in the system of questions «Digigram for teachers». <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 29-34. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-04
	Marienko, M. (2024). Shtuchnyi intelekt u systemi zapytan «Tsyfrogram dlia vchyteliv» [Artificial intelligence in the system of questions «Digigram for teachers»]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 29-34. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-04

Materials and methods. Systematic analysis of pedagogical and general scientific sources to clarify the state of development of the problem of using artificial intelligence in the field of education (Ukrainian and foreign experience); analysis of pedagogical, scientific literature to identify the main principles of building a system of questions of the national test "Digigram for teachers"; a comparative analysis to determine the most critical thematic blocks in the "Digigram for teachers" test.

Results. The analysis of the system of questions "Digigram for teachers" led to the formation of the primary author's thematic blocks by which all available questions can be divided: Facebook, Google Applications, YouTube, Electronic government, Electronic school, Working with a browser, Windows operating system, Inclusive education. Each block contains relevant components that characterize it in its entirety. The thematic block "Google Applications," which includes specific issues in the field of artificial intelligence, consists of the following services: Google Docs, Google Sheets, Google Presentations, Google Forms, Google Sites, Google Classroom, Google Drive, Google Maps, and Google Images.

Conclusions. In the "Digigram for Teachers" test, only a few questions are related to artificial intelligence. No direct questions were identified that would highlight the use of artificial intelligence services in the educational process. In passing, specific questions can be related to using artificial intelligence (for example, those associated with Google Image or Google Maps services). Only 2% of such questions were found (1 out of 61 or 62). Their number will not help during the ascertainment stage of the pedagogical experiment, which is planned for 2024. The following steps will be to create methods and guidelines for using AI in the educational process.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; Digigram for teachers; system of questions; teachers; teaching staff; AI.

ВСТУП

Постановка проблеми. У 2024 р., у відділі хмаро орієнтованих систем інформатизації освіти Інституту цифровізації освіти НАПН України розпочато прикладне дослідження «Проектування і використання відкритого освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів» (ДР № 0124U000671). В 2024 р. заплановано виконання теоретико-моделювального етапу, в межах якого передбачено дослідження стану проблеми використання штучного інтелекту (ШІ) педагогічними кадрами. Одним з можливих варіантів дослідження стану проблеми є аналіз системи запитань національного тесту «Цифрограм для вчителів», адже станом на початок серпня 2022 р. більше ніж 180000 вчителів його успішно пройшли (Як в Україні змінюють шкільний курс інформатики, 2022). Цифрограм є одним з безкоштовних інструментів, щоб оцінити особисто цифрову грамотність (при цьому це твердження стосується не лише вчителів, але й громадян, держслужбовців, медичних працівників). Тому існує припущення, що тест «Цифрограм для вчителів» містить запитання пов'язані зі штучним інтелектом, його застосуванням чи найпоширенішими сервісами штучного інтелекту, які використовують вчителі. Аналіз буде доречним, оскільки база запитань постійно оновлюється в зв'язку з опануванням педагогами нових цифрових технологій. Зміст таких запитань, їх кількість дозволить проаналізувати як саме використовують вчителі той чи інший сервіс, їх поширення та знання якими володіють/можуть володіти вчителі з приводу тематики штучного інтелекту. Крім того, аналіз специфіки даних запитань допоможе у проведенні констатувального етапу педагогічного експерименту, що заплановано на 2024 р. в межах проведення наукового дослідження.

Аналіз актуальних досліджень. А. Д. Гуркіна в своєму дослідженні (Гуркіна, 2022) описує цифрову компетентність яка складається з п'яти сфер та надає перелік її складників (всього 21 складник). Перелік складників є актуальним та наводиться на офіційному сайті, де можна пройти «Цифрограм для вчителів» (Цифрограм, б.д.). Слід зауважити, що змінилась кількість запитань. Станом на січень 2024 р. кількість запитань варіюється в межах 60.

В попередніх дослідженнях (Литвинова та ін., 2022) було проаналізовано роль національного тесту «Цифрограм для вчителів» в контексті цифровізації загальної середньої освіти. Однак, його структура, зміст запитань детально не досліджувалось.

Застосування штучного інтелекту в освіті поступово набуває поширення і є новим як для дослідників, так і для практиків. Оглядове дослідження (Chiu et al., 2023) спрямоване на те, щоб зрозуміти можливості та проблеми штучного інтелекту в освіті шляхом вивчення літератури за останні 10 років (2012–2021 рр.) з використанням методів матричного кодування та аналізу контенту. Результати представляють поточну спрямованість досліджень штучного інтелекту шляхом визначення 13 ролей технологій ШІ в ключових сферах освіти.

Праця (Kamalov et al., 2023) спрямована на дослідження потенційного впливу штучного інтелекту на освіту шляхом огляду та аналізу наявної літератури за трьома основними напрямками: застосування, переваги та проблеми. Дослідження зосереджене на використанні штучного інтелекту у спільному навчанні вчителя та учня, інтелектуальних системах навчання, автоматизованому оцінюванні та персоналізованому навчанні. Окреслено негативні аспекти, етичні проблеми та можливі майбутні шляхи впровадження ШІ в освіті.

У дослідженні (Nemorin et al., 2023) розглянуто, як штучний інтелект в освітніх системах використовується та розгортається в контексті глобальної освіти. У праці (Foltynek et al., 2023) показано, що інструменти ШІ постійно стають відкритими. Як і у випадку з усіма новими технологічними інноваціями, це створює низку можливостей і викликів для освіти: насамперед для вчителів та учнів. В академічній спільноті та за її межами зростає інтерес до використання штучного інтелекту в освіті для розроблення контенту. Це створює можливості та виклики для академічної та дослідницької доброчесності.

В працях українських науковців також зростає інтерес до штучного інтелекту. Використання ШІ у сфері вищої освіти проаналізовано науковцями в роботі (Драч та ін., 2023). В роботі розглянуто також нормативно-правову базу впровадження штучного інтелекту в освітній простір України. Про широкий інтерес українських науковців до використання штучного інтелекту в освіті свідчать і результати проведення круглого столу «Використання штучного інтелекту в освіті: ChatGPT і більше» 14 червня 2023 р. Зареєстрованих учасників було близько 1660, однак присутніми на заході було понад 800 освітян. З результатами проведення круглого столу опубліковано збірник матеріалів (Використання штучного інтелекту в освіті: ChatGPT і більше: збірник матеріалів круглого столу, 2023). 1-2 березня 2024 р. також заплановано проведення Міжнародної наукової конференції «Штучний інтелект у науці та освіті», що говорить про зростання інтересу науковців та

освітян до окресленої тематики. Проте, додаткових досліджень вимагає система запитань «Цифрограм для вчителів», зокрема за тематикою штучного інтелекту, оскільки подібних досліджень майже не проводилось.

Мета статті. Аналіз системи запитань національного тесту «Цифрограм для вчителів» за тематикою штучного інтелекту.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Системний аналіз педагогічних і загальнонаукових джерел для з'ясування стану розробленості проблеми використання штучного інтелекту в галузі освіти (український та зарубіжний досвід); аналіз педагогічної наукової літератури для виокремлення основних принципів побудови системи запитань національного тесту «Цифрограм для вчителів»; порівняльний аналіз для визначення найважливіших тематичних блоків у тесті «Цифрограм для вчителів».

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У 2023 р. з 23 жовтня по 21 листопада було проведено підвищення рівня цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників НАПН України, одним зі спікерів була авторка статті (назва модулю: «Дія.Освіта»). У процесі підготовки до проведення заняття було два рази успішно пройдено анкетування «Цифрограм для вчителів», що дало змогу виокремити тематичні блоки запропоновані в табл. 1. П'ять сфер, з яких складається цифрова компетентність також прослідковуються в системі запитань (Гуркіна, 2022), однак запропоновані тематичні блоки представлені в табл. 1 є виключно авторськими, що базуються на широкому аналізі.

Таблиця 1. Основні тематичні блоки національного тесту «Цифрограм для вчителів»

Тематичний блок	Складники блоку
Facebook	Оформлення дописів Безпека в соціальній мережі Групи в соціальній мережі Створення подій
Додатки Google	Google Документи Google Таблиці Google Презентації Google Форми Google Сайти Google Клас Google Диск Google Карти Google Зображення
YouTube	Основи використання Авторські права: Списки відтворення: Коментарі, підписки:
Електронне урядування	Захист авторських прав Електронний документообіг Електронні документи Захист персональних даних Електронна ідентифікація Сайти державних органів управління
Електронна школа	Електронний журнал Месенджери Програми відеоконференцій Електронна пошта Безпека в цифровому суспільстві Кібербезпека Захист облікового запису Google Захист пристроєм
Робота з браузером	Відсутні
Операційна система Windows	Відсутні
Інклюзивне навчання	Додаткові цифрові сервіси Стандартні (системні програми)

Джерело: авторська розробка.

Отже, в першу чергу в «Цифрограм для вчителів» можна знайти блок, що стосується використання соціальних мереж, зокрема Facebook. Зрозуміло, що користувачі активно використовують й інші соціальні мережі, в тому числі – наукові. Проте, в «Цифрограм для вчителів» частіше зустрічається саме Facebook. Можливі окремі запитання стосовно оформлення дописів, наприклад, як це коректно зробити, як відмітити колег або друзів, як зробити допис видимим для певних користувачів, а також, які символи можна використовувати. Тематичний блок «Facebook» можна розділити на категорії, такі як безпека в соціальних мережах, де можуть виникнути запитання щодо безпеки вашого акаунту (наприклад, як заблокувати доступ недоброзичливих користувачів). Може бути сформульовано запитання про групу в соціальній мережі, але як правило, це запитання прив'язане саме до Facebook. Багато груп можна організувати для поширення своїх наукових здобутків, для репрезентації наукової діяльності, тощо. Це може стосуватись, зокрема і їх адміністрування. Також можуть бути запитання щодо спецсимволів, наприклад, хештегів, як їх поставити.

Отже, перший тематичний блок стосується Facebook, наступний – це сервіси Google. Наприклад, Google Документи. Могуть бути запитання щодо надання приватності, чи надання доступу до цих документів. Також можливі запитання, як

створити документ, як залишити коментар, як відкрити документ для редагування, або – тільки для коментування. Google Таблиці – не виявлено спеціалізованих запитань. Масив запитань обмежується рамками: як створити новий аркуш, як створити діаграму (це може бути послідовність кроків або запитання, як його вдало створити чи, як зв'язати з Google Формою). Стосовно сервісу Google Презентації, наявні запитання охоплюють: як відрізняються Google Презентації від інших програм для створення презентацій, які не є хмарними, ті, що встановлені на локальному пристрої, що не підключено до Інтернету, як ними можна скористатись. Також, можуть бути моменти пов'язані з тим: як показати слайд, або як надати доступ великій аудиторії користувачів. Про Google Форми дуже багато запитань: як створити запитання, як надати доступ іншим колегам. Можуть бути нетривіальні запитання: як використати Google Форми в нестандартній ситуації. Іноді, зустрічаються змодельовані події, згідно яких вчитель має здогадатися, що треба вибрати саме Google Форми, а не Google Таблиці. Дуже часто в запитаннях про Google Сайти можна зустріти, наприклад, як краще зібрати банк бази даних. В даному випадку, термін «база даних» сприймається не як термін для інженерів-програмістів, а скоріше як масив уроків чи шкільне планування. В цьому випадку запитання стосуватимуться наступних проблем: де його краще розмістити на загал, як потім дати це посилання, щоб його побачили якомога більше людей. Можуть підлягати перевірки послідовні етапи та основні моменти використання цих додатків. Дуже багато запитань про Google Клас. Наприклад, як створити новий курс, як до нього додати окремо учнів, який має бути порядок створення того чи іншого елементу курсу. Можуть бути запитання про те, як доречно виставляти матеріали (самостійно викладати матеріал в якийсь конкретний час чи автоматично). Зустрічаються запитання з приводу того, як підключити колегу, як не переплутати ролі, як зробити так, щоб два вчителі вели один і той же курс, як організувати роботу групи чи окремої мікрогрупи класу. Google Диск: на що треба звернути увагу. З приводу використання сервісу Google Диск слід окреслити наступні моменти: як створити папку, як організувати електронний документообіг, як організувати збір матеріалів, як розшарити дану папку. Дуже багато запитань з приводу надання прав доступу, а також, як організувати електронний документообіг. Як організувати ознайомлення з наказом чи електронно перевірити, що кожен з колег переглянув потрібний документ, або отримати від них підтвердження. Запитань, що пов'язані з використанням Google Карт виявлено не так вже й багато. Зустрічаються запитання більше організаційного характеру: як спланувати подорож, як відмітити перегляд тих чи інших місць, як переключатися між різними режимами. Для даного сервісу це переважною більшістю загальновідомі запитання для користувачів (без специфіки роботи вчителів). Окремі запитання для використання сервісу Google Карт стосуються виконання пошуку найближчих об'єктів по відношенню до пристрою користувача.

Наступний тематичний блок – це YouTube. Можна зустріти запитання з приводу основ використання, тобто: як завантажити відео, як його відредагувати, як надати доступ, як зрозуміти що воно відкрите чи закрито, відкрити коментування чи заборонити, як перевірити кількість відповідей. Окремі запитання були з приводу налаштування зворотного зв'язку в YouTube для учнів (користувачів). Окремим пунктом слід віднести дотримання авторських прав (особисто вчителя та учнів): коли потрібен дозвіл батьків на використання відео за участю учнів (а коли ні), які мають бути дії користувача, якщо порушені особисті авторські права. Треба звернути окрему увагу на списки відтворення: як створити, в яких ситуаціях доречно використовувати в навчальному процесі. Окрема увага приділяється коментарям та підпискам (як підписатись на канал, як рекомендувати своїм учням чи колегам).

Тематичний блок «Електронне урядування». Хоча складники блоку на пряму не всі стосуються електронного урядування, але певною мірою пов'язані між собою. Наприклад, сайти державних органів управління. Мова йде про те, що вчитель повинен знати електронну адресу офіційних сайтів (або хоча б візуально їх впізнавати). Електронний документообіг: запитання стосуються ситуацій, коли і як доречніше організувати надсилання великої кількості документів одному користувачу чи групі. В яких випадках доречніше створити архів, а коли краще скористатись розміщенням документів на Google Диску (з урахуванням відповідних прав доступу). Електронна ідентифікація (причому не лише на комп'ютері, ноутбучі, на будь-якому пристрої, але і на смартфоні, планшеті). Частина запитань стосується використання електронного підпису, банку ID, Дія.Підпис (як створити, коли можна використати). Існує, серед запитань, ще електронна ідентифікація за ідентифікаційним кодом, Face ID, ідентифікація за відбитком пальця. Наступний складник блоку – електронні документи. Серед запитань даного виду прослідковується зв'язок з електронним документообігом (відмінності між розширеннями документів PDF та DOC, в якому форматі краще вносити правки, як конвертувати з одного формату в інший). Треба зауважити, що знову постає проблема захисту авторських прав: як правильно оформити посилання на сайт, на конкретну сторінку сайту, які принципи оформлення використаних джерел. Останнім пунктом постає захист персональних даних. Мова йде про те, як можна захистити свої дані на смартфоні, на ноутбучі чи планшеті (надійні паролі, створення паролів на окремі папки).

Наступний блок, який представлений в табл. 1 є «Електронна школа». В «Цифрограм для вчителів» відсутня орієнтація на конкретний електронний журнал. Запитання стосуються послідовності дій заповнення електронного журналу (загальні принципи), як краще виставити оцінку, які кроки виконання тієї чи іншої задачі для вчителя. Окрема увага приділяється використанням месенджерів. Запитання не орієнтовані на конкретні їх види (Viber, Telegram чи інші). В даному блоці досить чітко відокремлюються функції месенджерів та відеоконференцій. Месенджери орієнтовані на швидку комунікацію з класом. Слід звернути увагу, що окремі запитання спрямовані на те, як вводити спецсимволи, або як звернутися до конкретного користувача в спільній групі, як організувати групу закриту/відкриту, або чим можуть відрізнятися групи батьків і вчителів. Електронна пошта виступає окремим інструментом для надсилання файлу (колезі, або групі колег). В запитаннях прослідковуються тонкощі з приводу пересилання копії декільком адресатам, як відповісти тільки одному адресату (або всім). Вчитель має зрозуміти, що учні електронну пошту реєструють в більш старшому віці. Зрозуміло, що чим старший учень, тим більше він має різноманітних сервісів, засобів комунікації. Безпека в цифровому суспільстві є окремою категорією. Треба звернути увагу на такі рубрики, як кібербезпека, безпека та захист облікового запису Google, і захист пристрою. Ці запитання є дотичними один до одного (наприклад, відмінності між поняттями дезінформація та пропаганда, або фейк та дезінформація). Захист облікового запису Google включає можливе використання подвійної аутентифікації, уточнення дій з приводу повідомлення про спробу отримати доступ до вашого облікового запису Google, як відновити свій обліковий запис Google. До цього ж пункту можна ще віднести захист даних учня.

Робота з браузером винесена в окремий тематичний блок. Не йде мова з приводу використання конкретного браузера. Запитання звучать узагальнено: як ви можете зберегти лінк, як упорядкувати ваші закладки, як зберегти посилання в окрему папку, де знаходиться рядок введення лінку. Окремі категорії запитань стосуються розташування рядка пошукового запиту, як встановити додаток чи розширення/надлаштування для браузера.

Багато запитань стосуються операційної системи Windows: як створити папку, як створити файл, де можна знайти меню для видалення програми з комп'ютера. Окремим блоком слід розглянути стандартні системні програми, які можна використати для інклюзивного навчання. Додатково є запитання з приводу окремих цифрових сервісів, які можна використати в інклюзивному навчанні (спеціалізовані та не є стандартними для операційної системи Windows).

Типи завдань, що були проаналізовані в національному тесті «Цифрограм для вчителів»:

1. Встановити послідовність дій.
2. Обрати декілька правильних відповідей.
3. Встановити відповідність.
4. Звичайне запитання – одна правильна відповідь.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно проведеного аналізу було зроблено висновок, що в тесті «Цифрограм для вчителів» досить незначна кількість запитань пов'язана з штучним інтелектом. Прямих запитань, які б висвітлювали використання сервісів ШІ в освітньому процесі не виявлено. Побіжно, окремі запитання можна співвідносити з тематикою використання штучного інтелекту (наприклад, ті, що стосуються сервісів Google Зображення чи Google Карти). Сервіс Google Зображення працює за окремими алгоритмами штучного інтелекту (про що вказано в довідці Google). Це, зокрема стосується не всіх дій які можна виконувати за допомогою інструментарію даного сервісу, а цілком конкретних: пошук за заданим зображенням (знаходження першоджерела графічного файлу), використання гугл камери (функція в перші чергу доступна на смартфонах та планшетах). Сервіс Google Карти також було оновлено та до його інструментарію включено певні функції штучного інтелекту. Це стосується в першу чергу пошук місць за запитом користувача поблизу його фактичного місцеперебування. Крім того інструментарій сервісу Google Карти здатний обробляти запити які не є точною назвою місцезнаходження магазину, підприємства чи закладу (наприклад, запити про пошук ліків чи специфічних торгових товарів). Проте, подібні запитання як правило досить рідко зустрічаються в національному тесті «Цифрограм для вчителів» (1 запитання з 61, чи 1 запитання з 62, що складає приблизно 2 %). Оскільки запитання в «Цифрограмі для вчителів» постійно оновлюються, з часом кількість запитань пов'язаних зі штучним інтелектом зростає. Аналіз такої кількості запитань не допоможе під час проведення констатувального етапу педагогічного експерименту, що заплановано на 2024 р. Тому додаткових досліджень вимагає стан проблеми в роботах українських науковців та закордонних праць. Враховуючи, що інтерес до штучного інтелекту з боку освітян та педагогів зростає, а методичні засади до використання ШІ в освіті практично відсутні, подальшими кроками буде створення методик та методичних рекомендацій використання ШІ в освітньому процесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуркіна, А. Д. (2022). Способи підвищення інформаційно-цифрової компетентності педагогічних працівників. *Актуальні питання природничо-математичної освіти : збірник наукових праць*, 2 (20), 103-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7446936>.
2. Дія.Освіта. (2022). *Як в Україні змінити шкільний курс інформатики*. URL: <https://osvita.diia.gov.ua/news/v-ukraini-zminat-skilnij-kurs-informatiki>.
3. Дія.Освіта. (б.д.). *Цифрограм*. URL: <https://osvita.diia.gov.ua/digigram>.
4. Драч, І., Петроє, О., Бородієнко, О., Ререйло, І., Базелюк, О., Базелюк, Н., & Слободянюк, О. (2023). Використання штучного інтелекту у вищій освіті. *Міжнародний науковий журнал «Університети і лідерство»*, 15, 66-82. <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2023-15-66-82>.
5. Литвинова, С. Г., Мар'єнко, М. В., Носенко, Ю. Г., Сухих, А. С., & Яцишин, А. В. (2022). Цифровізація загальної середньої освіти України (кінець XX ст. – XXI ст.). *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців : методологія, теорія, досвід, проблеми*, 65, 40–57. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2022-65-40-57>.
6. Яцишин, А. (Відповід. за вип.). (2023). *Використання штучного інтелекту в освіті: ChatGPT і більше: збірник матеріалів круглого столу*. УкрІНТЕІ.
7. Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, Ch. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>.
8. Foltyniek, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I., Khan, Z. R., Santos, R., Pavletic, P., & Kravjar, J. (2023). ENAI Recommendations on the ethical use of Artificial Intelligence in Education. *Int J Educ Integr*, 19, 12. <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00133-4>.
9. Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education : Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. *Sustainability*, 15(16), 12451. <https://doi.org/10.3390/su151612451>.
10. Nemorin, S., Vlachidis, A., Ayerakwa, H. M., & Andriotis, P. (2023). AI hyped? A horizon scan of discourse on artificial intelligence in education (AIED) and development. *Learning, Media and Technology*, 48 (1), 38-51. <https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2095568>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Hurkina, A. D. (2022). Sposoby pidvyshchennia informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti pedahohichnykh pratsivnykiv [Methods of increasing the information and digital competence of teacher]. *Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity : zbirnyk naukovykh prats – Topical issues of natural science and mathematics education : Collection of scientific works*, 2 (20), 103-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7446936>. (in Ukrainian).
2. Diia.Osvita [Diia.Education]. (2022). *Yak v Ukraini zminiat shkilnyi kurs informatyky – How to change the school computer science course in Ukraine*. URL: <https://osvita.diia.gov.ua/news/v-ukraini-zminat-skilnij-kurs-informatiki>. (in Ukrainian).
3. Diia.Osvita [Diia.Education]. (n.d.). *Tsyfrogram – Digigram*. URL: <https://osvita.diia.gov.ua/digigram>. (in Ukrainian).

4. Drach, I., Petroye, O., Borodiyenko, O., Reheilo, I., Bazeliuk, O., Bazeliuk, N., & Slobodianiuk, O. (2023). Vykorystannia shtuchnoho intelektu u vyshchii osviti [The Use of Artificial Intelligence in Higher Education]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Universytety i liderstvo» – International Scientific Journal of Universities and Leadership*, 15, 66-82. <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2023-15-66-82>. (in Ukrainian).
5. Lytvynova, S., Marienko, M., Nosenko, Yu., Sukhikh, A., & Yatsyshyn, A. (2022). Tsyfrovizatsiia zahalnoi serednoi osvity Ukrainy (kinets XX st. – XXI st.) [Digitalization of general secondary education in Ukraine (end of the 20th century - 21st century)]. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv : metodolohiia, teoriia, dosvid, problem – Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 40-57. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2022-65-40-57>. (in Ukrainian).
6. Yatsyshyn, A. (Resp. for issue). (2023). *Vykorystannia shtuchnoho intelektu v osviti: ChatGPT i bilsh: zbirnyk materialiv kruhloho stolu – The Use of Artificial Intelligence in Education: ChatGPT and Beyond: Collection of Round Table Materials*. UkrISTEI. (in Ukrainian).
7. Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, Ch. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, (4), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>.
8. Folynek, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I., Khan, Z. R., Santos, R., Pavletic, P., & Kravjar, J. (2023). ENAI Recommendations on the ethical use of Artificial Intelligence in Education. *Int J Educ Integr*, 19, 12. <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00133-4>.
9. Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education : Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. *Sustainability*, 15(16), 12451. <https://doi.org/10.3390/su151612451>.
10. Nemorin, S., Vlachidis, A., Ayerakwa, H. M., & Andriotis, P. (2023). AI hyped? A horizon scan of discourse on artificial intelligence in education (AIED) and development. *Learning, Media and Technology*, 48 (1), 38-51. <https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2095568>.

Матеріал надійшов до редакції 17.01.2024р.



ТЕОРЕТИЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ЗМІСТУ ІНФОРМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ МАГІСТРІВ МЕДИЦИНИ

Павло МИКИТЕНКО ✉

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Україна

Mikitenko_P@npu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-1188-4334>

Олександр ГАЛИЦЬКИЙ

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Україна

o.v.galutskyi@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-7694-3019>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. В публікації обґрунтовано принципи наукового проєктування змісту інформатичної підготовки здобувачів вищої медичної освіти. Впродовж останніх десятиліть інформаційно-цифрові технології активно інтегрувались в галузь охорони здоров'я України. Саме змістом інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини задається система наукових положень, оволодіння якими забезпечує основу для їх професійної діяльності з використанням інформаційно-цифрових технологій.

Матеріали і методи. Для досягнення поставленої мети роботи були використані загальнонаукові теоретичні та емпіричні методи, а саме: бібліосемантичний метод з метою аналізу науково-методичної та психолого-педагогічної літератури з проблеми дослідження; метод системного аналізу для порівняння та узагальнення вітчизняного та іноземного досвіду проєктування змісту інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини; емпіричні – бесіди з учасниками освітнього процесу; педагогічні спостереження; анкетування; тестування.

Результати. Здійснено аналіз науково-методичної літератури, з метою виокремлення чинників та критеріїв для добору навчального матеріалу змістових модулів інформатичних дисциплін, а саме: фундаментальності, узагальнення та професіоналізації. Розкрито аспекти наукового проєктування складових змісту інформатичної підготовки, що дало змогу встановити етапи діяльності (дослідження ролі інформаційно-цифрових технологій на локальному (в навчанні) та глобальному (в медицині) рівнях; застосування інформаційно-цифрових технологій; навчання; комунікація; підготовка до професійної діяльності) та конкретні професійні завдання майбутніх магістрів медицини з використанням інформаційно-цифрових технологій. На принципах модульного та системного підходу спроектовано структуру змісту навчальної дисципліни. Запропоновано послідовність дій для розробки навчальної дисципліни, виокремлення мети, цілей, завдань та наповнення її змісту.

Висновки. Практична реалізація системи інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини повинна реалізуватися за рахунок коригування і модифікації змісту інформатичної підготовки. Запропонована концепція наукового проєктування змісту навчання направлена на системну організацію інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини, що орієнтована на використання положень модульного, системного та компетентнісного підходів і забезпечує можливість індивідуалізації інформатичної підготовки в умовах інформатизації освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інформатична підготовка; інформаційно-цифрова компетентність; майбутні маістри медицини; зміст навчання, професійні завдання.

Для цитування:	Микитенко П., Галицький О. Теоретичне проєктування змісту інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 35-42. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-05
	Микитенко, П., & Галицький, О. (2024). Теоретичне проєктування змісту інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 35-42. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-05
For citation:	Mikitenko, P., & Halutskyi, O. (2024). Theoretical designing the content of it training for future masters of medicine. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 35-42. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-05
	Mikitenko, P., & Halutskyi, O. (2024). Teoretyczne projektowanie zmiсту informatycznej podgotovky maibutnix mahistriv medytyny [Theoretical designing the content of it training for future masters of medicine]. <i>Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 35-42. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-05

THEORETICAL DESIGNING THE CONTENT OF IT TRAINING FOR FUTURE MASTERS OF MEDICINE

Pavlo MIKITENKO ✉

Bogomolets National Medical University, Ukraine

Mikitenko_P@npu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-1188-4334>

Oleksandr HALYTSKYI

Drahomanov Ukrainian State University, Ukraine

.v.galutskyi@udu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-7694-3019>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The publication substantiates the scientific design principles of IT training content for higher medical education students. Information and digital technologies have been actively integrated into Ukraine's healthcare sector in recent decades. It is the content of informatic training of future masters of medicine that determines the system of scientific provisions, the mastery of which provides the basis for their professional activity using information and digital technologies.

Materials and methods. General scientific theoretical and empirical methods were used to achieve the goal of the work: the biblio-semantic method to analyze scientific-methodical and psychological-pedagogical literature on the research problem; method of system analysis for comparison and generalization of domestic and foreign experience in designing the content of IT training for future masters of medicine; empirical - conversations with participants in the educational process; pedagogical observations; survey; testing.

Results. An analysis of scientific and methodological literature was conducted to identify factors and criteria for selecting educational material for content modules of informatics disciplines, namely fundamentals, generalization, and professionalization. Aspects of the scientific design of the content of information technology training are disclosed, which made it possible to establish the stages of activity (study of the role of information and digital technologies at the local (in education) and global (in medicine) levels; application of information and digital technologies; training; communication; preparation for professional activity) and specific professional tasks of future masters of medicine using information and digital technologies. The structure of the content of the educational discipline was designed based on the principles of a modular and systemic approach. The sequence of actions for developing the educational discipline, identifying the goal, objectives, and tasks, and filling its content is proposed.

Conclusions. The practical implementation of the IT training system for future masters of medicine should be implemented by adjusting and modifying the content of the IT training. The proposed concept of the scientific design of educational content is aimed at the systematic organization of informatics training of future masters of medicine, which is oriented to the use of the provisions of modular, system, and competence approaches and provides the possibility of individualizing informatics training in the conditions of informatization of education.

KEYWORDS: *informatics training; information and digital competence; future masters of medicine; content of training, professional tasks.*

ВСТУП

Постановка проблеми. З кожним роком матеріально-технічна база медичних установ збагачується сучасним устаткуванням, активно інтегруються інформаційно-цифрові технології в галузь охорони здоров'я України, що потребує відповідних умінь та навичок від персоналу. Поняття інформаційно-цифрових технологій в контексті нашого дослідження розглядається як інтегративне та ґрунтується на інформаційних та цифрових технологіях. До переліку загальних компетентностей, які затверджені у Стандарті вищої освіти України (2021) для здобувачів вищої освіти спеціальності 222 «Медицина», віднесено вміння використовувати інформаційні і комунікаційні технології, здатність до ведення медичної документації та опрацювання державної, соціальної, економічної й медичної інформації. Відповідно, випускники М(Ф)ЗВО повинні мати глибокі сформовані знання в галузі інформаційно-цифрових технологій, які застосовуються у професійній діяльності та поряд з використанням стандартних процедур, вміти використовувати ці технології в професійній галузі, що зумовлює оновлення та інтеграцію знань. У «Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації» (2021) зазначено, що серед основних проблем з питань розвитку цифрових компетентностей, які потребують розв'язання є відсутність єдиних підходів до визначення цифрових компетентностей у професійних стандартах та єдиних вимог до освітніх програм з їх розвитку.

Особистість в якій сформована інформаційно-цифрова компетентність здатна ефективно використовувати найновітніші досягнення науки і техніки в професійній діяльності та досконало орієнтуючись в інформаційному середовищі. Інформатична підготовка майбутніх магістрів медицини та її зміст забезпечують основу для їх професійної діяльності з використанням інформаційно-цифрових технологій. З метою проектування структури змісту інформатичної підготовки на принципах системного та модульного підходів, а також наповнення змістових модулів навчальним матеріалом необхідно встановити чинники та критерії їх добору, етапи професійної діяльності та професійні завдання, які будуть реалізовуватись за допомогою інформаційно-цифрових технологій.

Аналіз актуальних досліджень. Проблеми формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх фахівців різних галузей у закладах вищої освіти висвітлені у працях таких вітчизняних науковців як: Кузмінська О. (2021), Куриленко Н. (2023), Лапінський В. (2020, 2021), Пікуляк М. (2022), Семенов О. (2022) та ін. Пізні аспекти формування

інформаційної та цифрової компетентності майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я були предметом наукового інтересу Гольца К. (2021), Добровольської А. (2016), Кучеренко І. (2019, 2022), Мруги М. (2007).

Для побудови системи професійної підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я та методичної системи навчання будь якої дисципліни, зокрема інформатичної, зазвичай використовують класичні принципи добору та структуризації змісту навчання. Процес структуризації змісту інформатичної підготовки здобувачів вищої медичної освіти, в ході дослідження, базувався на концептуальних положеннях модульного навчання як структурнотвірного підходу реалізації індивідуалізованого навчання. Модульне навчання надає можливість для диференціації змісту навчального матеріалу, його різномірного засвоєння, варіативного вибору способу та темпу навчання (Сінопальнікова та ін., 2012). З позицій системного підходу зміст навчання слід розглядати як систему знань з предметної галузі в якій враховується педагогічно виважений набір компонентів, які забезпечують ефективне функціонування системи та її розвиток. Розглядаючи зміст освіти як елемент педагогічної системи, зазначимо, що добирати освітній матеріал потрібно за критерієм повноти й системності видів діяльності, потрібних для розвитку інтелектуальних здібностей особистості та прищеплювання кваліфікаційних умінь, необхідних для виконання головних видів діяльності на різному рівні складності (Шабанова, 2014). Підходи викладені в праці (Яшанов, 2010) дали змогу побудувати структуру змісту інформатичної дисципліни, яка формується зі змістових модулів, у кожному з яких реалізується досягнення інтегруючої дидактичної мети, а самі змістові модулі складаються з навчальних елементів, вивчення яких реалізує досягнення дидактичних цілей.

Метою дослідження є виклад теоретичних та практичних аспектів наукового проектування змісту інформатичної підготовки майбутніх магістрів М(Ф)ЗВО.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставленої мети роботи були використані загальнонаукові теоретичні та емпіричні методи, а саме: бібліосемантичний метод з метою аналізу науково-методичної та психолого-педагогічної літератури з проблеми дослідження; метод системного аналізу для порівняння та узагальнення вітчизняного і іноземного досвіду проектування змісту інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини; емпіричні – бесіди з учасниками освітнього процесу; педагогічні спостереження; анкетування; тестування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформатична підготовка майбутніх магістрів медицини передбачає формування інформаційно-цифрової компетентності на основі вивчення та використання засобів і методів інформатики, інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій за принципами багаторівневості, безперервності, професійної спрямованості, а також відповідності мети, основних завдань, змісту, організаційних форм, методів, засобів та результатів навчання досягнутому рівневі й потребам подальшого науково-технічного, соціально-економічного і культурного розвитку суспільства. Зміст інформатичної підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я визначається фундаментальними навчальними дисциплінами спеціальності та варіативними компонентами професійного спрямування. Проектування змісту інформатичної підготовки на основі модульного підходу передбачає, що під час розробки робочої програми з дисципліни можна встановити систему послідовних дій викладача:

1. Представлення змістових модулів як системи, тобто первинне структурування змісту, що містить: визначення наскрізних ліній інтеграції змістових модулів; відбір змісту для кожної наскрізної лінії.

2. Створення робочої програми, компонентами якої є дидактичні цілі і сукупності змістових модулів: кожен змістовий модуль має назву, яка відображає суть обраної для неї наскрізної лінії (формулюється комплексна дидактична ціль для кожного змістового модуля); на основі інтеграції змісту для кожного змістового модуля підбирається навчальний матеріал, який є повноцінним, самостійним блоком відомостей (для кожного змістового модуля визначається власна дидактична ціль); зміст кожного змістового модуля поділяється на навчальні елементи, де визначається власна ціль для кожного елементу.

Тобто, в результаті викладач отримує цілісне уявлення про навчальний зміст дисципліни, а також її зв'язки із суміжними дисциплінами, виклад загальних підходів до проектування моделі міждисциплінарної інтеграції медичної інформатики з фундаментальними біомедичними і хімічними, клінічними та соціально-гігієнічними дисциплінами нами розкрито в праці (Лапінський В.В. та ін., 2020). Також, слід урахувувати те, що під час розробки змістових модулів окремі дидактичні цілі навчальних елементів у своїй сукупності повинні забезпечити досягнення цілі змістового модуля.

Наскрізні лінії інформатичної підготовки визначають сукупність змістових модулів, на основі яких реалізуються в навчальному процесі цілі інформатичної підготовки, а саме забезпечуються умови отримання майбутніми фахівцями галузі охорони здоров'я знань та вмінь, що формують їхню інформаційно-цифрову компетентність. Інформаційно-цифрову компетентність (далі, ІЦК) майбутнього магістра медицини розуміємо як внутрішньо-особистісну характеристику, яка обмежується сферою діяльності та є комплексом набутих знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, інших особистих якостей у сфері інформаційних і цифрових технологій та передбачає впевнене, критичне і відповідальне використання цих технологій з метою збирання, опрацювання, зберігання й розповсюдження даних для здійснення професійної діяльності в галузі охорони здоров'я. Зміст інформатичної підготовки являє собою педагогічно виважені та обґрунтовані, логічно впорядковані і текстуально зафіксовані в навчальних програмах наукові відомості про матеріал, що підлягає вивченню та подані в згорнутому вигляді. Робоча програма визначає зміст діяльності майбутнього фахівця галузі охорони здоров'я по вивченню навчального матеріалу для досягнення цілей інформатичної підготовки. Окрім цього, зміст інформатичної підготовки може бути елементом методичної системи навчання низки нормативних або варіативних дисциплін. У зв'язку з цим, поняття «зміст інформатичної підготовки» має повний самостійний дидактичний характер, а сенс, що закладається в нього, дає можливість відрізнити його від поняття «зміст освіти».

Зауважимо, що в дидактиці прийнято розрізняти поняття «зміст навчання» і «зміст навчальної дисципліни». Тому послідовність виваженого добору змісту навчальної дисципліни розглядаємо як двоетапний процес – добір змісту

навчання як елемента методичної системи і його перетворення у зміст навчальної дисципліни. Навчальні елементи є складовими навчальних змістових модулів. На основі модульного підходу до організації інформатичної підготовки, під змістовим модулем розуміється структурна одиниця змісту навчання, відібрана і дидактично опрацьована для досягнення певного рівня знань, умінь і навичок, що встановлюється цільовою програмою дій. Змістовий модуль представляє собою відносно самостійний, логічно завершений компонент навчання.

Аналіз науково-методичної літератури дав змогу встановити чинники та критерії, які слід враховувати при доборі навчального матеріалу змістових модулів: фундаментальність, передбачає врахування таких критеріїв: рівень розвитку базової науки при проектуванні змістових модулів; доступність змістового модуля, що визначається допустимим вибором форм і методів навчання, педагогічно виваженим і доцільним поєднанням індуктивних і дедуктивних способів подання навчального матеріалу; забезпечення неперервності професійної підготовки на різних рівнях освіти; орієнтацію на цілісність знань і способів діяльності; узагальнення навчального матеріалу, що спричинено розширенням змісту в умовах науково-технічного прогресу; професіоналізації, що зумовлює виважений добір змісту навчання з позицій його необхідності для вирішення професійних завдань.

Розкриваючи структуру змісту навчання (інформатичну частину і логічну впорядкованість), а також чинники, що забезпечують його цілісність і відносну самостійність можна дійти висновку про те, що зміст навчання складається з: теоретичного матеріалу, який представляє собою сукупність основних понять конкретної предметної галузі і зв'язків між ними; компетентісно-орієнтованих завдань, які визначаються відповідно до теоретичного матеріалу і використовуються для формування у здобувачів вищої освіти конкретних знань, умінь і навичок; міждисциплінарних та внутрішньодисциплінарних взаємозв'язків між навчальними елементами.

Відповідно до модульного навчання зміст кожної навчальної теми як цілісного елемента змісту навчання перерозподіляють за такими напрямками: орієнтаційний, методологічний; змістово-описовий; операційно-діяльнісний; контрольний-діагностичний. У свою чергу, в змісті навчання варто виокремити такі компоненти: система знань (концепції, гіпотези, теорії, принципи, закономірності, наукові факти, висновки, поняття і проблеми); репродуктивні уміння (як специфічно предметного, так і загальнонавчального характеру), якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти в процесі навчання; уміння творчого характеру, опанувавши які, здобувач вищої освіти отримує суб'єктивне нове знання шляхом самостійного пошуку; особистісний компонент.

Структура і зміст освіти мають дві основні детермінанти: структуру професійної діяльності людини, що постійно змінюється, і структуру об'єкта вивчення, від яких залежить проектування навчальних дисциплін. Для проектування змісту інформатичної підготовки доцільно виокремлювати професійні завдання з використанням інформаційно-цифрових технологій (ІЦТ) майбутнього магістра медицини з урахуванням етапів і видів його діяльності. Розкриємо основні етапи проектування складових змісту інформатичної підготовки. Отже, першим кроком є вивчення кваліфікаційних характеристик майбутнього магістра медицини, у тому числі завдань професійної інформатичної діяльності, визначення кола повноважень та функцій, під час виконання яких фахівець галузі охорони здоров'я має проявити свої компетентності. Виробничі функції, типові задачі діяльності, уміння та компетентності, якими повинні володіти майбутні фахівці галузі охорони здоров'я, визначаються як професійним стандартом або за його відсутності кваліфікаційними характеристиками, так і стандартом вищої освіти. Завданням другого етапу є формулювання зовнішніх та внутрішніх цілей інформатичної підготовки. Зовнішні цілі інформатичної підготовки формулюються відповідно до основних функцій майбутнього магістра медицини, що визначені в його кваліфікаційних характеристиках. Визначення внутрішніх цілей інформатичної підготовки повинне проводитися з орієнтацією на відповідний зміст навчання. При цьому внутрішні цілі методичної системи навчання мають бути чітко сформульовані, щоб можна було зробити однозначний висновок про характер їх реалізації. Визначення рівня досягнення цілей не лише полегшує проведення контролю, але і дозволяє визначити достатні для реалізації цих цілей методи і форми навчання на етапі проектування моделі освітнього процесу.

Наступним кроком є визначення етапів діяльності майбутнього магістра медицини з визначенням конкретних професійних завдань (табл. 1).

Компетентісно-орієнтовані завдання розроблені на цій основі, згідно змісту навчання, зазначеному в галузевому стандарті вищої освіти 222 «Медицина» дає можливість сформулювати у майбутнього фахівця галузі охорони здоров'я практичні уміння застосовувати фундаментальні теоретичні знання як при аналізі стандартних, так і проблемних ситуацій, що мають місце в рамках їх професійної діяльності.

Завданням п'ятого етапу є наповнення ІЦК переліком знань та вмінь, оволодіння якими в процесі інформатичної підготовки майбутнього фахівця галузі охорони здоров'я дозволить ефективно виконувати професійні завдання. На заключному етапі перевіряються та коригуються результати проектування складових змісту інформатичної підготовки шляхом анкетування і застосування математичних методів.

Модульний підхід до організації змісту навчання полягає в розділенні навчального матеріалу на змістові модулі, що сприяє кращому його засвоєнню і обумовлює необхідну керованість, гнучкість і динамічність процесу навчання. Технологія модульного навчання краще всього придатна для дистанційного навчання, оскільки змістовий модуль як одиниця навчання включає всі необхідні компоненти навчально-методичного комплексу, націленого на формування знань, умінь і навичок для виконання конкретної професійної діяльності на заданому рівні. Структура програми навчальної дисципліни і її модульна побудова дає можливість оперативно реагувати на кон'юнктуру ринку і соціального замовлення.

Орієнтуючись на підходи викладені в праці (Яшанов, 2010) запропонуємо відкориговану структуру змісту навчальної дисципліни на принципах модульного навчання, яку доцільно формувати за схемою на Рис 1. За такої структури класично навчальна дисципліна формується зі змістових модулів, у кожному з яких реалізується досягнення інтегруючої дидактичної мети, змістові модулі складаються з навчальних елементів, вивчення яких реалізує досягнення дидактичних цілей.

Таблиця 1. Професійні завдання майбутнього магістра медицини з використанням ІЦТ

Етап діяльності	Професійні завдання	
Дослідження ролі ІЦТ на локальному (в навчанні) та глобальному (в медицині) рівнях	проєктні	Розробка концептуальної моделі діяльності лікаря з метою опрацювання даних в МІС; розробка алгоритмів з медичної статистики відповідно до загальних стандартів; опрацювання медичних зображень з метою підвищення якості діагностики
	технологічні	Опрацювання даних в ГІС; виконання основних алгоритмів медичної статистики з використанням ІЦТ для узагальнення первинних медичних відомостей; робота з медичними зображеннями; пошук даних в профільних медичних системах
	дослідницькі	Алгоритмізація та кодування окремих модулів ГІС та МІС, розробка правил прийняття рішень на основі результатів медичної статистики
	управлінські	Управління сучасними технічними системами збирання, передавання, зберігання та опрацювання медико-біологічних даних
Застосування ІЦТ	технологічні	Налаштування програм та сервісів на ПК до завдань навчальної та професійної діяльності; оновлення основних складових програмної частини інформаційної системи
	дослідницькі	Застосування ІЦТ у наукових дослідженнях Здійснювати адміністрування локальної мережі; проводити налагодження хмарних сервісів для спільної роботи з даними
Навчання	проєктні	Планування стратегії формування вмінь використання ІЦТ
	технологічні	Навчання на курсах для поглиблення рівня професійних знань та вмінь
	дослідницькі	Розробка навчальних елементів на кафедрах університету
	управлінські	Організація дистанційного і змішаного навчання здобувачів вищої освіти
Комунікація	проєктні	Планування навчальної діяльності з використанням ІКТ
	технологічні	Використання веб-сервісів для організації спілкування та обміну навчальною інформацією
	управлінські	Організація дистанційних семінарів, круглих столів серед студентів та лікарів; проведення телемедичних конференцій
Підготовка до професійної діяльності	технологічні	Використання програм АРМ як елемента інструментальних методів діагностики
		Використання методів доказової медицини
		Застосування ІЦТ у наукових дослідженнях
	управлінські	Використання сервісів eHealth для організації роботи лікаря з пацієнтами

Джерело: авторська розробка.

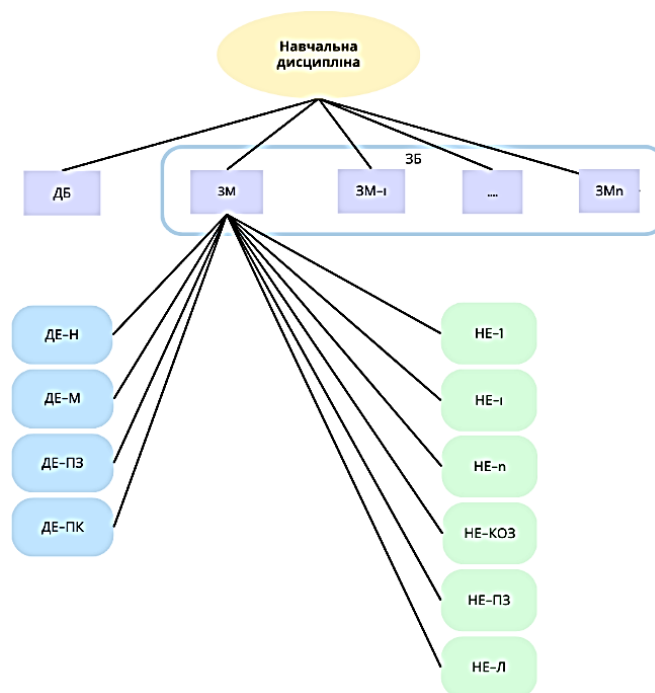


Рис. 1. Структура змісту навчальної дисципліни, що формується на принципах модульного навчання

Джерело: авторська розробка.

Структуру навчальної дисципліни можна розділити на два блоки:

Дидактичний блок (ДБ), до якого належать:

- робоча програма з дисципліни, в якій визначаються мета та цілі вивчення, основні завдання, міждисциплінарні зв'язки, зміст навчальної дисципліни, матеріально-технічне забезпечення, перелік основних питань з дисципліни, рекомендована та додаткова література тощо;

- методичні рекомендації з вивчення дисципліни, до яких належать: особливості організації навчального процесу, загальні рекомендації щодо порядку вивчення дисципліни, послідовність вивчення змістових модулів, вказівки з поглибленого вивчення і самостійної роботи з дисципліни.

Змістовий блок який складається з змістових модулів: ЗМ, ЗМ-і, ..., ЗМ-п, які є самостійними навчальними дидактичними одиницями, що складаються з дидактичних елементів (ДЕ) і змістових навчальних елементів (НЕ). До дидактичних елементів відносяться:

ДЕ-Н – настановчий елемент, призначенням якого є формування мотивації успішного вивчення змістового модуля за допомогою роз'яснення його місця і значення в системі навчання. При проектуванні цього елемента слід дотримуватись дидактичних принципів систематичності і послідовності й орієнтуючись на положення освітнього стандарту зазначити роль модуля в опануванні майбутньої спеціальності, цілі вивчення модуля – конкретизувати на рівні очікуваних результатів навчання у вигляді переліку знань і умінь необхідних для виконання конкретних професійних завдань, характер міждисциплінарних зв'язків:

ДЕ-М – методичний елемент, призначенням якого є надання організаційно-дидактичної допомоги здобувачам вищої медичної освіти і управління їх навчально-пізнавальною діяльністю. Являє собою методичні рекомендації щодо самостійного вивчення змістового модуля і включає перелік обов'язкових і додаткових запитань, порядок вивчення змістових навчальних елементів модуля, методи і засоби, особливості самостійного вивчення теоретичної і практичної частини, особливості виконання компетентісно-орієнтованих завдань, у тому числі індивідуальних завдань, критерії виконання завдань.

ДЕ-ПЗ – підсумкове заняття зі змістового модуля, призначенням якого є встановлення рівня знань і вмінь, які стосуються конкретного змістового модуля. Успішне проходження якого свідчить про те, що навчальний матеріал засвоєний на певному встановленому рівні.

ДЕ-ПК – підсумковий контроль з дисципліни, його призначенням є визначення рівня засвоєння здобувачами вищої освіти змісту дисципліни. Включає як запитання з теоретичного матеріалу, так і виконання практичних завдань.

До змістових навчальних елементів належать НЕ-1, НЕ-і, ..., НЕ-п і поєднують базові поняття і положення змісту навчального матеріалу у відповідності з інтегруючою метою вивчення змістового модуля і його логічною структурою. У кожному змістовому навчальному елементі виділяється дві частини: теоретична частина, основою якої є текст, де розкривається зміст, з ілюстраціями, рисунками, схемами, таблицями, посиланнями на необхідні знання попереднього матеріалу, на основну і додаткову літературу; практична частина, де наведені етапи виконання компетентісно-орієнтованих завдань з наданням мінімальних пояснень і посиланнями на теоретичний матеріал, наводяться демонстраційні приклади і завдання; контроль-діагностична частина, яка включає перелік контрольних запитань, тестових завдань та практичних завдань.

До змістових навчальних елементів відносяться також:

НЕ-КОЗ – компетентісно-орієнтовані завдання до кожної теми змістового модуля, які направлені на засвоєння матеріалу і перевірку його розуміння, осмислення, засвоєння і на самостійне застосування засвоєних знань, умінь, навичок у вирішенні конкретних проблем майбутньої професійної діяльності.

НЕ-ПЗ – рекомендоване програмне забезпечення, яке використовується здобувачами вищої освіти під час виконання практичних завдань.

НЕ-Л – література, що включає список основної і додаткової літератури до змістового модуля та дисципліни цілому.

Від чіткості визначення і формулювання цілей інформатичної підготовки залежить вибір методів, форм і засобів досягнення сформованості ІЦК. Складність визначення і опису цілей навчання полягає в тому, що ці процедури не піддаються повній формалізації, однак займають провідне місце в педагогічному контролі та діагностиці рівня інформатичної підготовки здобувачів вищої медичної освіти. При цьому педагогічний контроль є однією з функцій діагностики, і його метою є перевірка та оцінювання результатів навчання, спостереження за навчальним процесом, а метою діагностики є інформаційне забезпечення системи управління навчальним процесом щодо вибору змісту і методів навчання.

Цілі інформатичної підготовки в термінах компетентісного підходу, необхідно формулювати через визначення системи знань та вмінь, зі вказуванням рівнів і складових ІЦК. Це обумовлено тим, що саме цілі навчання є системоутворюючим елементом в теоретичній моделі інформатичної підготовки майбутнього магістра медицини, яка є методичною системою навчання. Тим самим з'являється можливість отримати перелік очікуваних результатів навчання або структурної моделі ІЦК майбутнього фахівця галузі охорони здоров'я. Визначення цілей інформатичної підготовки повинно ґрунтуватися на використанні державних освітніх стандартів, освітніх програм підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 222 «Медицина», за допомогою яких задаються цілі системи інформатичної підготовки і умови забезпечення їх реалізації. Визначення цілей інформатичної підготовки передбачає два напрямки: зовнішні цілі – коли методична система навчання дисципліни розглядається з точки зору її відповідності структурі інформатичної діяльності та внутрішні цілі, які визначають відношення цілей інформатичної підготовки до інших елементів методичної системи. При аналізі цілей інформатичної підготовки і можливості їх успішного досягнення істотну роль відіграють: інформаційні обмеження, які пов'язані з декомпозицією цілей інформатичної підготовки; часові обмеження, які пов'язані з періодом навчання (семестр, навчальний рік).

Виходячи з мети дослідження, виникає необхідність розгляду методологічних основ цілепокладання як кінцевого результату, який мають досягнути здобувачі вищої медичної освіти, оскільки початковим є припущення про спрямований характер освітньої діяльності особистості. В цьому сенсі передумовами формування ІЦК виступають потреби і виникаючі на їх основі такі внутрішні чинники, як мотиви, прагнення, бажання, ціннісні орієнтації, установки, інтерес та особисті цілі. Кожен елемент структури діяльності здобувача вищої медичної освіти, може розглядатися з двох позицій: з позиції об'єктивного змісту та позиції суб'єктивної форми. Так, з позиції суб'єктивної, тобто форми представленості суб'єктові або суб'єктивної форми відображення, мета виступає як деякий ідеальний образ, смислове представлення, результат діяльності, що забезпечує реалізацію тих або інших потреб. Об'єктивним змістом мети завжди виступає деякий процес, предмет, явище навколишнього світу, що обумовлює співвідношення мети і засобів її досягнення. У логіці знаннєвого підходу до навчання цілі інформатичної підготовки описуються в термінах знань, умінь і навичок, а в логіці компетентнісного підходу – в термінах компетентностей. Оскільки цілі інформатичної підготовки, виражені як в термінах знань, умінь і навичок, так і в термінах компетентностей і є складовими системи інформатичної підготовки, то можна говорити про те, що технологія визначення і опису цілей інформатичної підготовки є технологією проектування складових ІЦК.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Практична реалізація системи інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини повинна реалізуватися за рахунок коригування і модифікації змісту інформатичної підготовки. Запропонована концепція наукового проектування змісту навчання направлена на системну організацію інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини, що орієнтована на використання положень модульного, системного та компетентнісного підходів і забезпечує можливість індивідуалізації інформатичної підготовки в умовах інформатизації освіти.

У рамках проектування модульної структури змісту навчання розглянуті питання структуризації змісту інформатичної підготовки з опорою на концептуальні положення технології модульного навчання дозволили: встановити професійні завдання майбутнього магістра медицини з використанням інформаційно-цифрових технологій із врахуванням етапів і видів його діяльності та розробити вимоги до структури змісту навчальної дисципліни і змістових модулів, у кожному з яких реалізується досягнення інтегруючої дидактичної мети. Розглянутий підхід доведено до практичної реалізації при вивченні дисципліни «Медична інформатика» здобувачами вищої освіти спеціальності 222 «Медицина» із застосуванням веб-орієнтованих навчальних систем під час аудиторного, дистанційного та змішаного навчання.

Перспективами подальших досліджень є визначення узагальнених знань і умінь, засвоєння яких забезпечує виконання встановлених професійних завдань майбутніх магістрів медицини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верховна Рада України. (2023). *Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації»* від 03.03.2021 № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>.
2. Міністерство освіти і науки України. (2023). *Стандарт вищої освіти, другого магістерського рівня, галузі знань 222 «Охорона здоров'я», спеціальності 222 «Медицина»*. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/11/09/222-Medytsyna.mahistr.09.11.pdf>.
3. Kuzminska, O., Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Boiko, M., & Prokopchuk, M. (2021). Digital Competence of Future Researchers: Empirical Research of PhD Students of Ukrainian University. *Digital humanities workshop*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, DHW 2021, 177-184.
4. Куриленко, Н., Сліпучіна, І., & Меньяйлов, С. (2023). Розвиток поняття інформаційно-цифрової компетентності в практиці вітчизняної природничої освіти. *Фізико-математична освіта*, 38(2), 27–36. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-005>.
5. Lapinskyi, V. V., Mykytenko, P. V., & Halytskyi, O. V. (2021) Design of medical information systems user interface. *Information Technologies and Learning Tools*, 85 (5), 1-13. <https://doi.org/10.33407/itlt.v85i5.44072>.
6. Лапінський, В.В., & Микитенко, П.В. (2020). Проектування міждисциплінарної інтеграції медичної інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 1(75), 26–41. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.3569>.
7. Пікуляк, М.В., Кузь, М.В., & Ворошук, О.Д. (2022). Удосконалення інформаційної технології побудови системи дистанційної освіти із застосуванням гібридного алгоритму навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 88(2), 167–185. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4434>.
8. Семенов, О., Буртовий, Р., & Юрченко, А. (2022). Розвиток інформаційно-цифрової компетентності майбутніх морських офіцерів в умовах неформальної освіти: сутність ключових понять. *Фізико-математична освіта*, 36(4), 70–78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>.
9. Golz, C., Peter, K. A., Müller, T. J., Mutschler, J., & Zwahlen, S. (2021) Technostress and digital competence among health professionals in swiss psychiatric hospitals: Cross-sectional study. *JMIR mental health*, 8(11), e31408. <https://doi.org/10.2196/31408>.
10. Добровольська, А.М. (2016). Структурно-логічна модель формування і розвитку ІТ-компетентності майбутніх лікарів і провізорів у процесі навчання дисциплінам природничо-наукової підготовки. *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету ім. К.Д. Ушинського. Серія: Педагогічні науки*, 2 (109), 31–39.
11. Кучеренко, І. (2019). Модель формування інформатичної компетентності у студентів медичних закладів вищої освіти в умовах дистанційного навчання. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка*, 1(22), 80–86.
12. Kuchyn, I., Reva, T., Stuchynska, N., Kucherenko, I., Mykytenko, P., & Chkhalo, O. (2022). Digital competence as a necessary component of the professional competence of pharmaceutical industry employees. *Archives of Pharmacy Practice*, 13(1), 82–87.
13. Мруга, М.Р. (2007). Структурно-функціональна модель професійної компетентності майбутнього лікаря як основа діагностування його фахових якостей: автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.04. Центр. ін-т післядиплом. пед. освіти АПН України. Київ.

14. Сінопальнікова, Н.М., & Туренко, Н.М. (2012). Модульне навчання як один із напрямів індивідуалізації навчання студентів-логопедів. *Засоби навчальної та науково-дослідної роботи*, 37, 134–138.
15. Шабанова, Ю.О. (2014). Системний підхід у вищій школі: підруч. для студ. магістратури. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. Дніпропетровськ: НГУ.
16. Яшанов, С.М. (2010). Теоретико-методичні засади системи інформатичної підготовки майбутніх учителів трудового навчання: дис. ... докт. пед. наук; 13.00.04. НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023). *Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovykh kompetentnosti ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii» [Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine «On approval of the Concept of the development of digital competences and approval of the plan of measures for its implementation»]* from 03.03.2021 No 167. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#Text>. (in Ukrainian).
2. Ministry of Education and Science of Ukraine. (2023). *Standart vyshchoi osvity, druho mahisterskoho rivnia, haluzi znan 222 «Okhorona zdorovia», spetsialnosti 222 «Medytsyna» [Standard of higher education of the second master's level, field of knowledge 222 "Health care", specialty 222 "Medicine"]*. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/11/09/222-Medytsyna.mahistr.09.11.pdf>. (in Ukrainian).
3. Kuzminska, O., Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Boiko, M., & Prokopchuk, M. (2021). Digital Competence of Future Researchers: Empirical Research of PhD Students of Ukrainian University. *Digital humanities workshop*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, DHW 2021, 177–184.
4. Kurylenko, N., Slipukhina, I., & Mienailov, S. (2023). Rozvytok poniattia informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti v praktytsi vitchyzniano pryrodnochoi osvity [Development of the concept of information and digital competence in the practice of domestic science education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 38(2), 27–36. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-005>. (in Ukrainian).
5. Lapynskyi, V. V., Mykytenko, P. V., & Halytskyi, O. V. (2021) Design of medical information systems user interface. *Information Technologies and Learning Tools*, 85 (5), 1–13. <https://doi.org/10.33407/itlt.v85i5.44072>.
6. Lapynskyi, V.V., & Mykytenko, P.V. (2020). Proektuvannia mizhdystyplinarnoi intehtatsii medychnoi informatyky. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia [Design of interdisciplinary integration of medical informatics]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 1(75), 26–41. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.3569>. (in Ukrainian).
7. Pikuliak, M.V., Kuz, M.V., & Voroshchuk, O.D. (2022). Udoshkonalennia informatsiinoi tekhnolohii pobudovy systemy dystantsiinoi osvity iz zastosuvanniam hibrydnoho alhorytmu navchannia. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia. [Improvement of information technology for building a distance education system with the use of a hybrid learning algorithm]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 88(2), 167–185. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4434>. (in Ukrainian).
8. Semenoh, O., Burtovyi, R., & Yurchenko, A. (2022). Rozvytok informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti maibutnikh morskyykh ofitseriv v umovakh neformalnoi osvity: sutnist kliuchovykh poniat [Developing Information and Digital Competence of Future Naval Officers in Non-Formal Education: The Essence of Key Concepts]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 36(4), 70–78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>. (in Ukrainian).
9. Golz, C., Peter, K. A., Müller, T. J., Mutschler, J., & Zwahlen, S. (2021) Technostress and digital competence among health professionals in swiss psychiatric hospitals: Cross-sectional study. *JMIR mental health*, 8(11), e31408. <https://doi.org/10.2196/31408>.
10. Dobrovolska, A.M. (2016). Strukturno-lohichna model formuvannia i rozvytku IT-kompetentnosti maibutnikh likariv i provizoriv u protsesi navchannia dystyplinam pryrodnocho-naukovoi pidhotovky [A structural and logical model of the formation and development of IT competence of future doctors and pharmacists of processes in teaching the disciplines of natural and scientific training]. *Naukovyi visnyk Pivdennoukrainskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. K.D. Ushynskoho. Seriya: Pedahohichni nauky – Scientific Bulletin of the South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushinsky. Series: Pedagogical sciences*, 2 (109), 31–39. (in Ukrainian).
11. Kucherenko, I. (2019). Model formuvannia informatychnoi kompetentnosti u studentiv medychnykh zakladiv vyshchoi osvity v umovakh dystantsiinoho navchannia [Model of formation of information competence among students of medical institutions of higher education in conditions of distance learning]. *Naukovyi visnyk Melitopolskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu. Seriya: Pedahohika – Scientific Bulletin of the Melitopol State Pedagogical University. Series: Pedagogy*, 1(22), 80–86. (in Ukrainian).
12. Kuchyn, I., Reva, T., Stuchynska, N., Kucherenko, I., Mykytenko, P., & Chkhala, O. (2022). Digital competence as a necessary component of the professional competence of pharmaceutical industry employees. *Archives of Pharmacy Practice*, 13(1), 82–87.
13. Mruha, M.R. (2007). *Strukturno-funktsionalna model profesiinoi kompetentnosti maibutnoho likaria yak osnova diahnostuvannia yoho fakhovykh yakoste [The structural-functional model of the professional competence of the future doctor as a basis for diagnosing his professional qualities]*. autoref. Dis... Cand. ped. Sciences. Kyiv. (in Ukrainian).
14. Sinopalnikova, N.M., & Turenko, N.M. (2012). Modulne navchannia yak odyin iz napriamiv indyvidualizatsii navchannia studentiv-lohopediv [Modular training as one of the directions of individualization of training of speech therapist students]. *Zasoby navchalnoi ta naukovodoslidnoi roboty – Means of educational and research work*, 37, 134–138. (in Ukrainian).
15. Shabanova, Yu.O. (2014). *Systemnyi pidkhid u vyshchii shkoli [Systematic approach in higher education]*. national mountain Univ. Dnipropetrovsk: NSU. (in Ukrainian).
16. Iashanov, S.M. (2010). *Teoretyko-metodychni zasady systemy informatychnoi pidhotovky maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia [Theoretical and methodological principles of the system of information training of future teachers of labor education]*. thesis. ... Dr. ped. sciences. Dragomanow National Pedagogical University. Kyiv. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 23.11.2023р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИНАМІКИ ТВЕРДОГО ТІЛА В КУРСІ ФІЗИКИ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Сергій ПОДЛАСОВ ✉

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна
s.podlasov@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Ольга ДОЛЯНІВСЬКА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна
dow2@i.ua
<https://orcid.org/0000-0001-8396-2894>

Олексій МАТВІЙЧУК ✉

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна
o.matviichuk@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-4732-9677>

АНОТАЦІЯ

Розглянуто методику проведення домашнього натурального експерименту по вивченню плоского руху твердого тіла на прикладі саморобного аналога маятника Максвелла.

Формулювання проблеми. Фізика є наукою експериментальною і тому проведення студентами експериментальних досліджень є невід'ємною складовою методики її навчання. В ході виконання досліджень студенти не тільки перевіряють наслідки законів фізики, але й набувають експериментаторські вміння. В умовах дистанційного навчання реальний експеримент може здійснюватися студентами тільки в домашніх умовах з використанням доступного обладнання. Прикладом такого дослідження може бути вивчення руху саморобного аналога маятника Максвелла. Його виконання дозволяє студентам краще зрозуміти теоретичні концепції, набути умінь підготовки і проведення реального експерименту, а також обробки одержаних результатів.

Матеріали і методи. Дослідження ґрунтується на аналізі програми курсу фізики для студентів бакалаврату технічного університету, огляді літературних джерел, присвячених темі дослідження, експериментам по вивченню динаміки плоского руху твердого тіла та задач курсу фізики з цієї теми та методам і засобам вимірювання в домашніх умовах механічного руху невеликої тривалості.

Результати. У якості маятника Максвелла може бути використана іграшка Йо-Йо, або ж її саморобний аналог. В роботі продемонстровані конструкції маятників, які студенти НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» виготовляли для проведення досліджень. Одержані дані дозволяють студентам одержати експериментальне підтвердження законів динаміки твердого тіла.

Висновки. Виготовлення аналога маятника Максвелла та проведення експерименту за його допомогою дозволяє студентам набути певні експериментаторські умінь й навчитися опрацьовувати результати реального експерименту із застосуванням законів динаміки твердого тіла. Виготовлене обладнання може бути використано як для проведення лабораторного дослідження в домашніх умовах, так і в якості основи експериментальних задач. На думку студентів проведення домашніх дослідів є цікавим і корисним для покращення розуміння понять динаміки твердого тіла.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: домашній експеримент; маятник Максвелла, аналіз експерименту.

Для цитування:	Подласов С., Долянівська О., Матвійчук О. Домашній експеримент при вивченні динаміки твердого тіла в курсі фізики технічного університету. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 43-48. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-06
	Подласов, С., Долянівська, О., & Матвійчук, О. (2024). Домашній експеримент при вивченні динаміки твердого тіла в курсі фізики технічного університету. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 43-48. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-06
For citation:	Podlasov, S., Dolianovska, O., & Matviichuk, O. (2024). Formation of the concept of flat arrangement of points using means of metric geometry in the study of metric spaces. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 43-48. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-06
	Podlasov, S., Dolianovska, O., & Matviichuk, O. (2024). Domashnii eksperyment pry vyvchenni dynamiky tverdogo tila v kursy fizyky tekhnichnoho universytetu [Rigid body home experiment in a physics course at a technical university]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 43-48. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-06

RIGID BODY HOME EXPERIMENT IN A PHYSICS COURSE AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Serhii PODLASOV ✉

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

s.podlasov@kpi.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Olha DOLIANOVSKA

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

dow2@i.ua

<https://orcid.org/0000-0001-8396-2894>

Oleksii MATVIICHUK

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

o.matviychuk@kpi.ua

<https://orcid.org/0000-0002-4732-9677>

ABSTRACT

The methodology of conducting a home natural experiment to study the plane motion of a rigid body using the example of a homemade analog of Maxwell's pendulum is considered.

Formulation of the problem. Physics is an experimental science; therefore, student engagement in experimental research is integral to its teaching methodology. During the execution of experiments, students verify the consequences of the laws of physics and acquire practical experimental skills. Students can only conduct natural experiments at home using readily available equipment in distance learning. An example of such research is the study of the motion of a homemade analog of Maxwell's pendulum. Its execution allows students to gain a better understanding of theoretical concepts, develop skills in preparing and conducting natural experiments, and analyze the obtained results.

Materials and methods. The study is based on the analysis of the curriculum of the physics course for undergraduate students of a technical university, a review of the literature on the research topic, experiments on the dynamics of the plane motion of a rigid body, and tasks of the physics course on this topic—also, methods and means of measuring short-term mechanical motion at home.

Results. A Yo-Yo toy or its homemade analog can be used as a Maxwell's pendulum. The paper demonstrates the design of pendulums that NTUU "KPI" students created to conduct the research. The obtained data enable students to experimentally confirm the laws of rigid body dynamics.

Conclusions. Creating Maxwell's pendulum analog and conducting an experiment with its help allows students to acquire specific experimental skills and learn to work out the results of a natural experiment using the laws of rigid body dynamics. The constructed device can be used for laboratory research at home and as a basis for experimental tasks. According to the students, conducting experiments at home is exciting and helpful in improving their understanding of the concepts of rigid body dynamics.

KEYWORDS: home experiment; Maxwell's pendulum; analysis of the experiment.

ВСТУП

Постановка проблеми. Вимушене дистанційне навчання унеможливило проведення студентами реальних експериментальних досліджень у навчальній фізичній лабораторії з використанням промислового обладнання. У закладах вищої освіти реальні лабораторні роботи замінюють відеозаписами експериментів, віртуальними лабораторними роботами або ж обчислювальним експериментом. Звичайно, такі форми роботи надають певні уявлення про застосування законів фізики для аналізу реальних явищ та процесів, однак це уявлення спостерігача, а не експериментатора, вони не дозволяють студентам на власному досвіді пересвідчитися у виконанні законів фізики і не забезпечують набуття ними умінь підготовки, проведення та опрацювання результатів досліджень, які можуть виникнути в реальних умовах. Тому актуальним постає розробка та використання в навчальному процесі завдань, які б дозволяли проводити реальні експериментальні дослідження в домашніх умовах.

Аналіз актуальних досліджень. Різноманітні домашні експерименти з фізики широко висвітлені у науково-методичній літературі та підручниках для системи шкільної освіти та педагогічних ЗВО. Що ж стосується домашніх експериментів у системі вищої технічної освіти, то в літературі практично відсутні описання домашніх експериментів з використанням саморобного обладнання. Виняток складають описання дослідів, які можна проводити з використанням смартфона (Delabre, 2022), (Здешиц та ін., 2020), зокрема, для експериментального вивчення елементів динаміки твердого тіла. Так, наприклад, сигнал гіроскопа, вмонтованого у смартфон, дозволяє досліджувати обертальний рух, відтак, обчислити момент інерції за кутовою швидкістю його обертання навколо однієї з сторін (Kaps & Stallmach, 2020; Здешиц & Здешиц, 2022), або ж при здійсненні коливань на біфілярному підвісі (<https://st.lnl.gov/sci-ed/Physics-with-Phones/moment-inertia>). Цей же сигнал можна використати для визначення моменту інерції пустотілого циліндра (Sabila et al., 2021). У роботі (Wheatland et al., 2021) розглянуто вільний рух смартфона. Аналіз цього руху дозволяє одержати підтвердження законів збереження енергій та моменту імпульсу.

Одним з прикладів застосування законів динаміки твердого тіла є маятник Максвелла. Теоретичні основи описання його руху наводяться у деяких підручниках фізики та теоретичної механіки, а також у наукових статтях, наприклад (Markeev, 2017). Крім того, закони, яким підпорядкований рух маятника Максвелла, покладені в основу задач (Гаркуша, 2003), задача 1.249 та лабораторних робіт із застосуванням промислового обладнання (Клапченко, 2012).

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності використання саморобного обладнання для проведення домашнього експерименту при вивченні теми «Динаміка твердого тіла» студентами технічного університету в умовах дистанційного навчання.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретичною основою дослідження є розділи курсу загальної фізики, в яких вивчається плоский рух твердого тіла та основні поняття динаміки твердого тіла.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження ґрунтується на аналізі програм курсу загальної фізики для бакалаврів інженерних спеціальностей, огляді методичних вказівок до лабораторних робіт з розділу «Механіка» курсу фізики в технічних університетах, огляді літературних джерел по темі дослідження, опитуванні студентів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При аудиторному навчанні експериментальне дослідження динаміки плоского руху твердого тіла студенти проводять з використанням маятника Максвелла (рис. 1). Свідоме виконання цього дослідження потребує від студента знань та розуміння таких понять як момент сили, момент інерції, момент імпульсу, кінетична та потенціальна енергія, а також умінь застосувати їх на практиці. Оскільки динаміка твердого тіла не вивчається у школі, то зазначені вище поняття є новими для студентів першого курсу. Тому виконання ними лабораторної роботи по вивченню руху маятника Максвелла повинно суттєво вплинути на інтеріоризацію понять цієї теми.



Рис. 1. Маятник Максвелла. НВП «Учбова техніка»

Джерело: <https://www.uchtech.com.ua/ua/fm/fm12.html>

В умовах дистанційного навчання, коли виконання робіт по вивченню законів динаміки твердого тіла з використанням промислового лабораторного обладнання неможливе, студентам можна запропонувати провести дослідження, скориставшись саморобним аналогом маятника Максвелла, чи іграшкою Йо-Йо.

В осінньому семестрі 2023/24 навчального року студентам Інституту теплової та атомної енергетики та Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» було запропоновано виконати дослідження руху саморобного маятника Максвелла. На рис. 2 показані деякі конструкції «маятників», запропоновані студентами – порожні банки, або набори CD-дисків.



Рис. 2. Варіанти саморобних конструкцій маятника Максвелла

Джерело: авторська розробка.

Момент інерції маятника Максвелла визначається за часом t його опускання на висоту h за формулою

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right), \quad (1)$$

або ж

$$I = mr^2 \left(\frac{g}{a} - 1 \right). \quad (2)$$

де m – маса маятника, r – радіус осі.

У методичних вказівках до виконання лабораторної роботи по дослідженню руху маятник Максвелла

пропонують два методи визначення його моменту інерції: 1) побудувати графік $\frac{gt^2}{2} = f(h)$, який являє собою пряму, кутовий коефіцієнт якої пропорційний до моменту інерції; 2) за виміряним часом опускання на певну висоту спочатку обчислити прискорення і далі скористатися рівнянням (2) для визначення моменту інерції.

При використанні обладнання НВП "Учбова техніка" або аналогічного вимірювання часу здійснюється електронним секундоміром, який запускається і зупиняється автоматично, що забезпечує достатньо високу точність вимірювань, навіть при невеликих h . У домашньому експерименті час опускання маятника, який студенти могли б вимірювати, наприклад, за допомогою секундоміра у смартфоні, може виявитися не зручним і мати значні похибки. Тому, більш доцільно провести відеозйомку руху маятника (див., наприклад, https://youtube.com/shorts/_pwJasCFZnw, <https://youtube.com/shorts/qMOkvu8iCGc>) і одержані результати опрацювати, використавши програму аналізу механічного руху Tracker (<https://physlets.org/tracker/>), (Eadkhong, 2022; Bartošovič L. 2022) детальна інструкція по використанню якої розміщена за адресою https://phys.ipro.kubg.edu.ua/?page_id=4727. Приклади обробки відеофайлів руху саморобного маятника Максвелла показані на рис. 3.

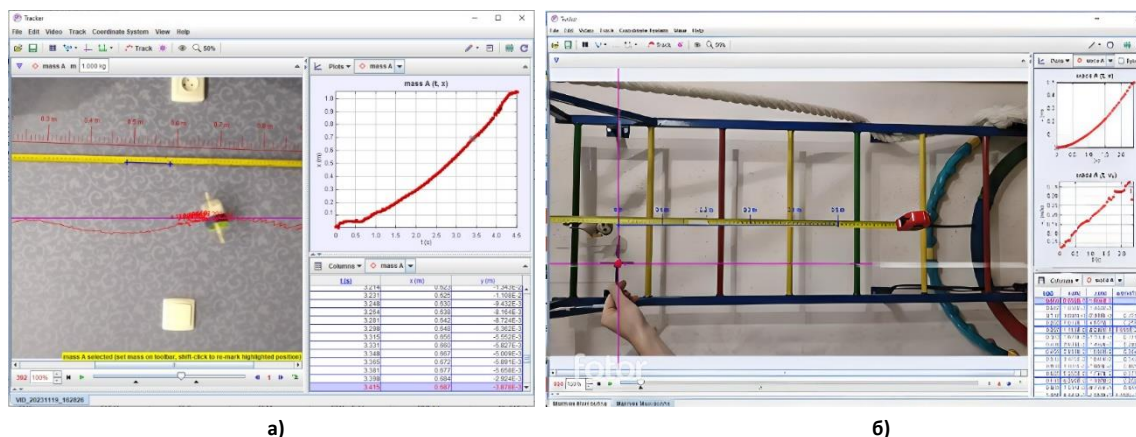


Рис. 3. Приклади обробки відеофайлів в програмі Tracker

Джерело: авторська розробка.

У програмі Tracker передбачена можливість одержання значення прискорення за результатами вимірів залежності координати від часу. Однак ці дані не варто використовувати, оскільки прискорення визначається за малою різницею великих чисел, що призводить до суттєвого розкиду обчислених величин (рис. 4а). Більш доцільно будувати графік залежності $h = f(t^2/2)$ і, використавши метод найменших квадратів, за нахилом якої визначити прискорення, або ж скористатися побудовою графіка $h = f(t^2/2)$ програмою MS Excel, на якому виводиться рівняння прямої, яка інтерпретує експериментальні результати (рис. 4б).

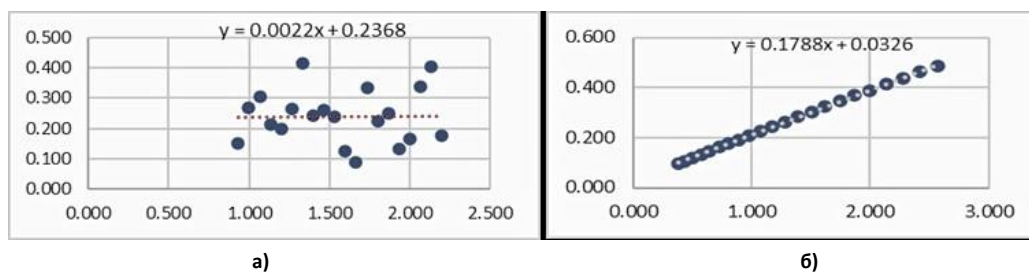


Рис. 4

а) залежність від часу прискорення, обчисленого у програмі Tracker;

б) графік $h = f(t^2/2)$, побудований MS Excel.

Джерело: авторська розробка.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

В осінньому семестрі 2023/24 навчального року студентам Інституту атомної та теплової енергетики та Механіко-машинобудівного інституту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (69 осіб) було запропоновано сконструювати, виготовити та провести вдома дослідження руху аналога маятника Максвелла і на основі одержаних результатів обчислити момент його інерції. Незважаючи на можливість одержання додаткових заохочувальних балів до рейтингу, завдання виконали 31 студент ($\approx 45\%$). Деякі з запропонованих конструкцій «маятників» представлені вище. Переважна більшість студентів аналізувала рух маятника за допомогою програми Tracker, троє студентів використовували секундомір смартфона для вимірювань часу. Масу виготовлених маятників студенти визначали за допомогою побутових електронних вагів.

Звіт про виконання роботи включав: фотографію виготовленого «маятника», відеофайл руху «маятника», файл проекту програми Tracker (розширення .trj) та копію сторінки обробки даних.

Після завершення терміну здачі результатів експерименту було проведено опитування. Перше запитання стосувалося студентів, котрі не виконали завдання:

- 1) З якої причини не було виконано завдання?

Серед причин не виконання завдання основними були: а) відсутність технічних можливостей виготовлення обладнання та проведення вимірювань (23 %); б) брак часу (60 %); в) інші причини, або ж відповідь не була дана.

Усі інші запитання стосувалися виконання завдання.

2) Скільки часу знадобилося вам для виготовлення маятника, проведення дослідів та обробки результатів вимірювань?

Час, вказаний студентами коливався від 6 до 10 годин.

3) Які ускладнення виникли у вас при виконання завдання?

Як з'ясувалося, основним ускладненням при підготовці експерименту у 50 % студентів полягало у центруванні маятника (зауважимо, що на запитання: «Як побудовою визначити положення центра кола?», яке ми ставили студентам різних груп, правильну відповідь змогли дати у середньому тільки 15 % з них).

4) Чи було вам цікаво проводити експеримент?

100 % студентів відповіли «Так».

Розподіл відповідей на запитання:

5) Чи вважаєте ви корисним і потрібним проведення домашніх експериментів?

6) Проведення домашніх експериментів покращило розуміння вами законів фізики?

показаний на рис. 5.

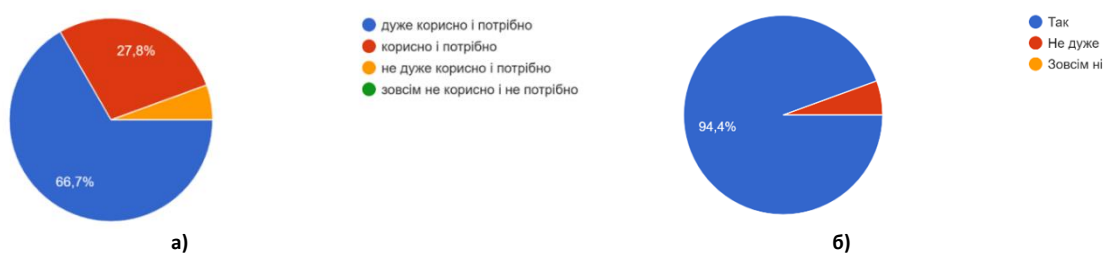


Рис. 5. Відповіді студентів на запитання:
а) Чи вважаєте ви корисним і потрібним проведення домашніх експериментів?
б) Проведення домашніх експериментів покращило розуміння вами законів фізики?

Джерело: авторська розробка.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Виконання домашніх досліджень не тільки сприяє більш глибокому розумінню студентами основних понять і концепцій фізики, але й дозволяє їм в умовах дистанційного навчання набувати початковий досвід конструювання обладнання, вміння готувати та виконувати експеримент, обробляти його результати та оформлювати результати дослідження, що є важливими складовими професійної підготовки кваліфікованого інженера.

2. Проведення домашніх експериментів студентами можна використати як для формулювання завдань лабораторного дослідження, так і умов експериментальних задач.

3. Як засвідчили результати опитування, студенти, в цілому, схвально відносяться до виконання домашніх дослідів.

4. Незважаючи на важливість та корисність проведення домашніх експериментів, їх застосування повинно бути поміркованим, оскільки далеко не всі студенти готові і здатні до їх проведення. Крім того, треба враховувати і витрати часу, необхідні для виконання завдань.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в розширенні кола домашніх експериментів, які можуть пропонуватися студентам в якості лабораторних робіт в умовах дистанційного навчання та експериментальних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Bartošovič, L. (2022). Virtual Laboratory Exercise as One of the Forms of Distance Education at Science Universities. *AIP Conference Proceedings*, 2458, 030002. <https://doi.org/10.1063/5.0078278>.
- Delabre, U. (2022). *Smartphonique - 2e éd.: Faites de votre smartphone un labo de physique*. URL: <https://www.amazon.com/Smartphonique-Faites-votre-smartphone-physique/dp/2100840991>.
- Eadkhong, T., Sirisathitkul, C., & Danworaphong, S. (2022). Video analysis of one-dimensional motion and collision for distance learning laboratory. *Physics Education*, 57 (5), 055006. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac72e4>.
- Kaps, A., & Stallmach, F. (2020). Tilting motion and the moment of inertia of the smartphone. *The Physics Teacher*, 58(3), 216-217. <https://doi.org/10.1119/1.5145423>.
- Markeev, A.P. (2017). Dynamics of Maxwell's pendulum. *Dokl. Phys.*, 62, 228–232. <https://doi.org/10.1134/S1028335817040140>.
- Sabila, Ya., Heru, K., Desi, R., Aisha, A., & Hesti, A. (2021) Utilization of the phyphox application (physical phone experiment) to calculate the moment of inertia of hollow cylinders. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 10(2) p.231-240. <https://doi.org/10.24042/jipfalconbiruni.v10i2.9237>.
- Wheatland, M. S., Murphy, T., Naoumenko, D., van Schijndel, D., & Katsifis, G. (2021). The mobile phone as a free-rotation laboratory. *Am. J. Phys.*, 89(4), 342–348. <https://doi.org/10.1119/10.0003380>.
- Гаркуша, І. П., Горбачук, І. Т., Курінний, В. П., Кучерук, І. М., & Певзнер, М. Ш. (2003). *Загальний курс фізики: Збірник задач*. Київ, Техніка.
- Здешиц, В. М., & Здешиц, А. В. (2022). *Використання технології BYOD в освітньому процесі в умовах дистанційного навчання студентів-фізиків: навч. посібник*. Кривий Ріг: Літерія.

10. Здешиц, В.М., Здешиц, А.В., & Прихожа, Ю.О. (2020). Використання технології BYOD під час виконання лабораторних робіт з фізики. *Фізико-математична освіта*, 3(25), 2, 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-027-1-008>.
11. Клапченко, В. І., Азнаурян, І. О., Бурдейна, Н. Б., Григораш, Ю. І., Дугінов, В. Є., Колесник, О. Ю., Краснянський, Г. Ю., Панова, О. В., Тарасевич, В. І., & Бесараб, О. М. (2012). *Фізика. Лабораторний практикум. Базовий цикл: навчальний посібник*. Київ. КНУБА. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/items/41ff2921-0b6c-4ed9-a143-8c9d78017d0f>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bartošovič, L. (2022). Virtual Laboratory Exercise as One of the Forms of Distance Education at Science Universities. *AIP Conference Proceedings*, 2458, 030002. <https://doi.org/10.1063/5.0078278>.
2. Delabre, U. (2022). *Smartphonique - 2e éd.: Faites de votre smartphone un labo de physique*. URL: <https://www.amazon.com/Smartphonique-Faites-votre-smartphone-physique/dp/2100840991>.
3. Eadkhong, T., Sirisathitkul, C., & Danworaphong, S. (2022). Video analysis of one-dimensional motion and collision for distance learning laboratory. *Physics Education*, 57 (5), 055006. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac72e4>.
4. Kaps, A., & Stallmach, F. (2020). Tilting motion and the moment of inertia of the smartphone. *The Physics Teacher*, 58(3), 216-217. <https://doi.org/10.1119/1.5145423>.
5. Markeev, A.P. (2017). Dynamics of Maxwell's pendulum. *Dokl. Phys.*, 62, 228-232. <https://doi.org/10.1134/S1028335817040140>.
6. Sabila, Ya., Heru, K., Desi, R., Aisha, A., & Hesti, A. (2021) Utilization of the phyphox application (physical phone experiment) to calculate the moment of inertia of hollow cylinders. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 10(2) p.231-240. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v10i2.9237>.
7. Wheatland, M. S., Murphy, T., Naooumenko, D., van Schijndel, D., & Katsifis, G. (2021). The mobile phone as a free-rotation laboratory. *Am. J. Phys.*, 89(4), 342-348. <https://doi.org/10.1119/10.0003380>.
8. Harkusha, I. P., Horbachuk, I. T., Kurinnyi, V. P., Kucheruk, I. M., Pevzner, M. Sh. (2003). *Zahalnyi kurs fizyky: Zbirnyk zadach. [General course of physics: Problems]*. Kyiv, Tekhnika. (in Ukrainian).
9. Zdeschchyts, V. M., & Zdeschchyts, A. V. (2022). *Vykorystannia tekhnolohii BYOD v osvithomu protsesi v umovakh dystantsiinoho navchannia studentiv-fizykyv [The use of BYOD technology in the educational process in the conditions of distance learning of physics students]*. Kryvyi Rih: Literia. (in Ukrainian).
10. Zdeschchyts, V. M., Zdeschchyts, A. V., & Prikhosha, Yu. O. (2020). *Vykorystannia tekhnolohii BYOD pid chas vykonannia laboratornykh robіt z fizyky. [Use of BYOD technology during frontal laboratory work in physics]*. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3(25), 2, 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-027-1-008>. (in Ukrainian).
11. Klapchenko, V. I., Aznaurian, I. O., Burdeina, N. B., Hryhorash, Yu. I., Duhinov, V. Ye., Kolesnyk, O. Yu., Krasnianskyi, H. Yu., Panova, O. V., Tarasevych, V. I., & Besarab, O. M. (2012). *Fizyka. Laboratornyi praktykum. Bazovyi tsykl: navchalnyi posibnyk. [Physics. Laboratory practice. Basic cycle: study guide]*. Kyiv. KNUBA. <https://repository.knuba.edu.ua/items/41ff2921-0b6c-4ed9-a143-8c9d78017d0f>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 09.01.2024р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ПРО ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНУ КОРЕКТНІСТЬ ДЕЯКИХ РІВНЯНЬ МЕХАНІКИ

Сергій ПОЖИДАЄВ ✉

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
spozhy2@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-7336-0256>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. При математичному описі деяких явищ класичної і прикладної механіки (далі – механіки) виникають незрозумілі розмірнісні явища. Наприклад, кутова швидкість може отримувати дві різні одиниці вимірювання, нормальне прискорення – три, а такі фізичні величини як момент сили і механічна робота отримують одну і ту саму одиницю ньютон-метр. З наукової точки зору такі явища є суперечностями, які слід усунути. Адже Природа єдина і не суперечлива, тому опис її явищ теж повинен бути не суперечливим. Кожна фізична величина (у тій чи іншій конкретній галузі) повинна мати лише одну когерентну одиницю, а кожна одиниця повинна характеризувати лише одну фізичну величину. Тому можна стверджувати, що математичний апарат механіки потребує вдосконалення.

Матеріали і методи. У одній з попередніх робіт автора було встановлено, що незрозумілі розмірнісні явища є наслідком розмірнісної некоректності математичних співвідношень, обумовленої їх нестрогістю. Зокрема, було з'ясовано, що загальновідомі фундаментальні залежності елементарної геометрії, які беруть свій початок ще від Архімеда і споконвіку вважались бездоганними аналітичними, насправді є математично нестрогими емпіричними і напівемпіричними виразами. Це спонукає застосувати аналіз розмірностей і для перевірки коректності рівнянь механіки. У даній роботі також застосовувались базові положення аналітичної механіки та закону збереження енергії.

Результати. Перевірка дев'ятнадцяти рівнянь механіки засвідчила, що більша їх частина некоректна – математично нестрога або не узгоджена із законом збереження енергії. Некоректні рівняння приведено до математично строгого вигляду і узгоджено із законом збереження енергії. З них випливає однозначна система одиниць виміру величин механіки, яка, зокрема, включає п'ять уточнених одиниць. Жодного випадку, коли одна і та ж величина має різні одиниці, або різні величини мають одну і ту ж одиницю, у цій системі одиниць не спостерігається.

Висновки. Встановлено, що існуючий математичний апарат класичної і прикладної механіки дійсно має істотні недоліки і потребує вдосконалення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: рівняння механіки; розмірнісна коректність; колова швидкість; нормальне прискорення; моменти.

ON THE PHYSICAL AND MATHEMATICAL CORRECTNESS OF SOME EQUATIONS OF MECHANICS

Sergey POZHIDAYEV ✉

National University of life and environmental sciences of Ukraine, Ukraine
spozhy2@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-7336-0256>

ABSTRACT

Formulation of the problem. In the mathematical description of some phenomena of classical and applied mechanics (after this referred to as mechanics), incomprehensible dimensional phenomena arise. For example, angular velocity can have two different units of measurement, normal acceleration - three, and such physical quantities as moment of force and mechanical

Для цитування:	Пожидаяев С. Про фізико-математичну коректність деяких рівнянь механіки. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 49-55. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-07
	Пожидаяев, С. (2024). Про фізико-математичну коректність деяких рівнянь механіки. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 49-55. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-07
For citation:	Pozhidayev, S. (2024). On the physical and mathematical correctness of some equations of mechanics. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 49-55. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-07
	Pozhidayev, S. (2024). Pro fizyko-matematychnu korektnist deiakykh rivnian mekhaniky [On the physical and mathematical correctness of some equations of mechanics]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 49-55. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-07

work get the same unit newton-meter. From a scientific point of view, such phenomena are contradictions that should be eliminated. After all, Nature is one and uncontroversial; therefore, the description of its phenomena must also be uncontroversial. Each physical quantity (in this or that particular field) should have only one coherent unit, and each unit should characterize only one physical quantity. Therefore, the mathematical apparatus of mechanics needs improvement.

Materials and methods. One of the author's previous works established that incomprehensible dimensional phenomena result from the dimensional incorrectness of mathematical ratios due to their laxity. In particular, it was found that the well-known fundamental dependences of elementary geometry, which date back to Archimedes and have been considered impeccable analytical since time immemorial, are mathematically loose empirical and semi-empirical expressions. That prompts us to apply dimensional analysis to check the correctness of mechanics equations. This work also applied the basic principles of analytical mechanics and the law of energy conservation.

Results. A review of the nineteen mechanics equations showed that most need to be corrected - mathematically loose or inconsistent with the energy conservation law. The incorrect equations were brought to a mathematically rigorous form and reconciled with the energy conservation law. They lead to an unambiguous system of units of measurement for mechanics, which, in particular, includes five refined units. In this system of units, there are no cases where the exact quantity has different units or different quantities have the same unit.

Conclusions. It was established that the existing mathematical apparatus of classical and applied mechanics has significant shortcomings and can be improved.

KEYWORDS: *equations of mechanics; dimensional correctness; wheel speed; normal acceleration; moments.*

ВСТУП

Постановка проблеми. При математичному описі деяких явищ класичної і прикладної механіки (далі – механіки) виникають незрозумілі розмірнісні явища. Наприклад, позначення одиниці кутової швидкості має вигляд рад/с. Воно впливає з рівняння $\omega = 2\pi/T$, де одиницею кута 2π є радіан, а одиницею періоду T – секунда. Але кутову швидкість можна визначити і за виразом $\omega = v/r$, де v – колова (тангенціальна) швидкість руху точки по колу, м/с, а r – радіус кола, м. У правій частині виразу отримуємо позначення одиниці кутової швидкості у вигляді 1/с, або, що те саме, с^{-1} . У ньому відсутнє позначення «рад», внаслідок чого залишається невідомою сутність процесу (що розглядається саме обертальний рух, а не лінійний, а може і зовсім не рух, а секундна подача рідини чи скорострільність зброї), і одиниця, за допомогою якої цей процес оцінюється – оберт, градус, радіан, метр, літр, постріл тощо.

Таким чином, позначення одиниці кутової швидкості с^{-1} неінформативне, тобто метрологічно неякісне. Воно таке ж непридатне для застосування, як і позначення одиниці швидкості руху автомобіля, записане у вигляді «год⁻¹» без вказівки на одиницю виміру шляху – кілометр чи миля.

Але співвідношення $\omega = v/r$, яке породжує одиницю с^{-1} , реально існує, воно об'єктивно потрібне для механіки і надає правильне числове значення кутової швидкості. Підстав для того, щоб відмовитись від його застосування, немає. Упорядникам Міжнародної системи одиниць (СІ) не залишилось нічого іншого, як капітулювати перед цими обставинами і дозволити застосовувати неякісне позначення с^{-1} нарівні з якісним позначенням рад/с.

Але легалізація позначення с^{-1} породила нову проблему: у двох різних фізичних величин (кутової швидкості та частоти періодичного процесу) виявились однаковими їх позначення с^{-1} . Застосування для одиниці частоти спеціальної назви герц суті справи не змінило.

З наукової точки зору кожна з описаних вище двох неоднозначностей являє собою суперечність, конфлікт двох взаємовиключних наукових істин. У математично строгій науці такого не повинно бути. Адже Природа несуперечлива, тому і опис її явищ повинен бути несуперечливим. Кожній величині (у одній і тій же галузі) повинна відповідати лише одна когерентна одиниця, а кожній когерентній одиниці – лише одна величина.

Аналіз актуальних досліджень. Аналогічні незрозумілі розмірнісні явища спостерігаються і в одиницях інших величин. У згаданих явищ є одна спільна риса – вони виникають у тих одиницях, у яких є або гіпотетично може бути якась кутова одиниця – радіан або стерadian. Тому склалась думка, що незрозумілі явища обумовлені специфічними властивостями площинного і просторового кутів і їх одиниць.

Упорядники СІ пояснили, що одиницями площинного і просторового кутів нібито є число «один», тобто, що ці кути нібито є безрозмірними величинами - пункт 5.4.8 брошури (Newell & Tiesinga, 2019). На цій підставі п. 2.3.3 тієї ж брошури дозволяє застосовувати позначення кутових одиниць не обов'язково, а вибірково («при необхідності»).

Проте кожен окремий користувач системи одиниць може мати своє уявлення про «необхідність». Тому сегмент СІ, що стосується кутових величин, став суб'єктивним, неоднозначним, тобто схоластичним, ненауковим. Аналіз розмірностей у ньому став неможливим.

Такий недолік системи одиниць принциповий, він стримує розвиток прикладних наук. Наприклад, у теорії кочення еластичних коліс ще з середини минулого сторіччя проходять дискусії про «радіусну проблему» (Петрушов, 1963; Петров, 1986; Пожидаев, 2021a; Пожидаев, 2021b) тощо. Науковці не можуть дійти згоди, чи тотожні радіуси еластичного колеса, одиницею одного з яких є метр, а іншого – м/рад. За однозначного підходу до одиниці радіан цю проблему було б вирішено давно і переконливо. Але неоднозначність СІ зробила задачу нерозв'язною.

Відомо багато спроб усунути незрозумілі розмірнісні явища – (Хантлі, 1970; Широков, 1978; Коган, 2011; Митрохин, 2000; Mohr & Phillips, 2015; Mohr et al., 2022; Quincey, 2016, 2021; Quincey et al., 2019; Leonard, 2021) тощо. Автори цих робіт скрупульозно вивчали властивості площинного і просторового кутів, обговорювали їхній статус (розмірнісні вони чи безрозмірнісні), аналізували, чи відносяться вони до похідних величин чи не відносяться, чи можна їх ввести в клас основних величин чи не можна, і пропонували самі різні удосконалення кутових величин і правил поводження з ними. Детально аналізувати всі ці пропозиції немає сенсу, бо їхній зміст зводиться лише до різних способів маскування зовнішніх проявів проблеми.

Метою роботи є усунення незрозумілих розмірнісних явищ, що спостерігаються у рівняннях механіки.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі (Пожидаєв, 2023) було висунуто і підтверджено наукову гіпотезу про те, що площинний і просторовий кути є звичайними розмірнісними величинами, які не мають ніяких специфічних властивостей і тому не можуть бути причиною появи незрозумілих розмірнісних явищ. Ці явища є сигналами системи одиниць про розмірнісну некоректність відповідних математичних співвідношень. Після їх приведення до коректного вигляду незрозумілі розмірнісні явища зникають. Цей факт є ознакою штучності і шкідливості вибіркового застосування позначень кутових одиниць. Їх слід застосовувати в обов'язковому порядку. Це відновлює однозначну об'єктивну диференціацію величин і можливість аналізу розмірностей математичних виразів, що включають кутові величини.

Дієвість такого аналізу продемонстрована перевіркою загальновідомих фундаментальних залежностей елементарної геометрії, які беруть свій початок ще від Архімеда і споконвіку вважались бездоганими аналітичними. Виявилось, що насправді вони є математично нестрогими емпіричними і напівемпіричними виразами.

Було також встановлено і причину появи неповносправної одиниці кутової швидкості с^{-1} : рівняння $\omega = v/r$, яке породжує цю одиницю, математичне нестроге. Для обчислення кутової швидкості слід застосовувати математично строге рівняння $\omega = v/\rho$, де ρ – радіус кривизни кола, м/рад.

Ці факти спонукають застосувати метод аналізу розмірностей і для перевірки та вдосконалення рівнянь механіки. У даній роботі також застосовувались положення аналітичної механіки та закону збереження енергії.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У колонці 4 таблиці 1 наведено дев'ятнадцять загальновідомих рівнянь класичної і прикладної механіки, а у колонках 3 і 5 – позначення одиниць відповідно лівих і правих частин цих рівнянь, отриманих за умови, що згадані позначення застосовуються в обов'язковому порядку.

Таблиця 1. Деякі рівняння класичної і прикладної механіки
(заливкою комірок виділено сумнівні рівняння і некоректні позначення одиниць вимірювання)

№	Величина і позначення її одиниці, прописаної в СІ		Відоме рівняння і позначення одиниці його правої частини		Уточнене рівняння і позначення одиниці його правої частини	
	Величина	Позначення	Рівняння	Позначення	Рівняння	Позначення
1	2	3	4	5	6	7
1	Колова швидкість	м/с	$v = \omega r$	м·рад/с	$v = \omega \rho$	м/с
2	Нормальне (доцентрове) прискорення a	м/с ²	$a = v^2/r$	м/с ²	$a_n = 1v^2/\rho$	м/с ²
3			$a = v\omega$	м·рад/с ²	$a_n = 1v\omega$	
4			$a = \omega^2 r$	м·рад ² /с ²	$a_n = 1\omega^2 \rho$	
5	Момент сили M	кг·м ² /с ² , тобто Н·м	$M = Fr$	кг·м ² /с ² , тобто Н·м	$M_n = F\rho$	кг·м ² /(с ² ·рад), тобто Н·м/рад або Дж/рад
6			$M = dW/d\theta$	кг·м ² /(с ² ·рад), тобто Н·м/рад або Дж/рад	Уточнення не потребують	
7			$M = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E}{\partial \omega} \right)$			
8	Момент кількості руху L , кутовий момент ΔL	кг·м ² /с	$L = \partial E / \partial \omega$	кг·м ² /(с·рад)	Уточнення не потребує	кг·м ² /(с·рад), тобто Дж·с/рад
9			$L = m\omega r^2$	кг·м ² ·рад/с	$L_n = m\omega \rho^2$	
10			$L = mvr$	кг·м ² /с	$L_n = mvr\rho$	
11			$\Delta L = Mt$		$\Delta L_n = M_n t$	
12	Масовий момент інерції I_m	кг·м ²	$I_m = r^2 dm$	кг·м ²	$I_{mn} = \rho^2 dm$	кг·м ² /рад ² , тобто Дж/(рад·с) ²
13			$I_m = 2E/\omega^2$	кг·м ² /рад ²	Уточнення не потребує	
14	Осьовий момент інерції площі I_A	м ⁴	$I_A = r^2 dA$	м ⁴	$I_{An} = \rho^2 dA$	м ⁴ /рад ²
15	Момент опору поперечного перерізу M_r	м ³	$M_r = I_A / r_{\max}$	м ³	$M_{rn} = I_{An} / \rho_{\max}$	м ³ /рад
16	Механічне напруження t	кг/(м·с ²), тобто Па	$t = M/M_r$	кг/(м·с ²), тобто Па	$t_n = M_n/M_{rn}$	кг/(м·с ²), тобто Па
17	Механічна робота моменту сили W	кг·м ² /с ² , тобто Дж	$W = M\theta$	кг·м ² ·рад/с ² , тобто Дж·рад	$W_n = M_n \theta$	кг·м ² /с ² , тобто Дж
18	Потужність у обертальному русі N	кг·м ² /с ³ , тобто Вт	$N = M\omega$	кг·м ² ·рад/с ³ , тобто Вт·рад	$N_n = M_n \omega$	кг·м ² /с ³ , тобто Вт
19	Кінетична енергія в обертальному русі E	кг·м ² /с ² , тобто Дж	$E = I_m \omega^2 / 2$	кг·м ² ·рад ² /с ² , тобто Дж·рад ²	$E_n = I_{mn} \omega^2 / 2$	кг·м ² /с ² , тобто Дж

Джерело: авторська розробка.

Рядок 1. Рівняння $v = \omega r$ розмірнісно некоректне, бо позначення одиниць його лівої частини (м/с, колонка 3) і правої частини (м·рад/с, колонка 5) не збігаються. Причина такого явища – некоректність застосування радіуса кола r , одиницею якого є метр, для взаємозв'язку між коловою v і кутовою ω швидкостями (Пожидаєв, 2023). Для цього потрібно застосовувати радіус кривизни кола ρ , одиницею якого є м/рад. Тобто, для обчислення колової швидкості треба користуватись математично строгим (і завдяки цьому – розмірнісно коректним) рівнянням $v = \omega \rho$. Воно забезпечує отримання правильної одиниці колової швидкості м/с – колонка 7 рядка 1.

Рядки 2, 3 і 4. Одиницею нормального прискорення є м/с². Проте така одиниця впливає лише з одного рівняння, наведеного у другому рядку. З рівнянь, наведених у рядках 3 і 4, випливають некоректні одиниці м·рад/с² і м·рад²/с² – колонка 5 вказаних рядків. Це є ознакою розмірнісної некоректності рівнянь і означає, що з рядків 2, 3 і 4 випливає відразу три різні наукові істини, якими є три вказані одиниці прискорення. Причиною цього різнобою є неправомірність застосування у рівняннях радіуса кола r . У них повинен застосовуватись радіус кривизни ρ . Таким чином, рівняння, наведені у рядках 2 і 4, повинні мати вигляд $a = v^2/\rho$ і $a = \omega^2 \rho$ відповідно. З них обох випливає одна і та ж одиниця прискорення м·рад/с², але вона теж некоректна. Таким чином, всі три рівняння ($a = v^2/\rho$, $a = v\omega$ і $a = \omega^2 \rho$) призводять до отримання однієї і тієї ж некоректної одиниці прискорення м·рад/с². Це означає, що рівняння вже стали узгодженими між собою, але все ще залишаються математично нестрогими і потребують додаткового аналізу.

Звернімося до поелементного опису процесу виведення загальноприйнятої формули нормального прискорення (Воронков, 1966). Виявляється, що на одному з етапів цього процесу у формулі виникає співмножник $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \{[\sin(\Delta\varphi/2)]/(\Delta\varphi/2)\}$, який дорівнює 1 рад⁻¹. Оскільки його числове значення дорівнює одиниці, то цим співмножником було знехтувано. Але така дія неправомірна, бо разом з коефіцієнтом «1» з формули зникла його одиниця «рад⁻¹». Відновлення співмножника 1 рад⁻¹ забезпечує математичну строгість всіх трьох варіантів формули нормального прискорення. Уточнені рівняння мають вигляд $a_n = 1v^2/\rho$, $a_n = 1v\omega$ і $a_n = 1\omega^2 \rho$ відповідно, де одиницею коефіцієнта «1» є рад⁻¹. З кожного рівняння випливає одна і та сама наукова істина – одиницею нормального прискорення є м/с². Всі суперечності, що спостерігались у рядках 2, 3 і 4, усунуто.

Рядки 5, 6 і 7. У механіці застосовуються поняття моменту сили, моменту кількості руху та масового моменту інерції, формулювання яких завершилось у XVII і XVIII сторіччях. Але у XIX сторіччі стало відомо, що всі закони і поняття фізики є наслідками із закону збереження енергії. Внаслідок цього згадані закони і поняття потрібно було переглянути і привести у відповідність до цього найбільш фундаментального закону Природи. Поняття моментів повинні бути сформульовані як похідні від «материнського» поняття енергії (чи роботи), а одиниці моментів – як похідні від «материнської» одиниці енергії джоуль. Проте шановні фізики за два сторіччя так і не перейшли від слів до діла. Можливо, вони сподівались, що цим займуться механіки, а механіки очікували цього від фізиків. Як наслідок, поняття моментів і сьогодні залишаються сформульованими у категоріях, не пов'язаних із законом збереження енергії.

Наприклад, поняття моменту сили (як добутку сили F на плече r , рядок 5 таблиці) являє собою звичайний постулат, який нічим не обґрунтований, але і ні в кого не викликає заперечень. Він був сформульований Галілеєм у XVII сторіччі на прикладі простих механізмів і тому був вузькотехнічним. За чотири останніх сторіччя його суть не переглядалась і не уточнювалась. Відбувалось лише ускладнення словесного формулювання шляхом надання йому якомога більш «наукоподібного» вигляду.

За таких обставин поняття моментів за визначенням не можуть бути фізично коректними, що і призводить до появи аномальних розмірнісних явищ. Найвідомішим з них є збіг одиниць моменту сили і механічної роботи (чи енергії). Всі так зі шкільних років звикли до цього збігу, що і не звертають на нього увагу, вважають, що саме так і повинно бути. У роботі (Хантлі, 1970) його вважають безневинним винятком з правил. Але у Природі винятків немає, тому їх не повинно бути і в математичних описах явищ Природи.

Збіг одиниць моменту сили і механічної роботи є прямою ознакою неузгодженості поняття моменту сили із законом збереження енергії. Це підтверджується і двома наступними фактами.

Момент сили можна визначати як частку від ділення механічної роботи dW на кут повороту $d\theta$: $M = dW/d\theta$ – рядок 6 таблиці 1. З цього співвідношення випливає наступне загальнофізичне математично строгі визначення моменту сили, сформульоване у енергетичному просторі: момент сили являє собою першу похідну від механічної роботи W за кутом повороту θ . Одиницею моменту у такому випадку є Дж/рад, тобто Н·м/рад. Така одиниця узгоджена з поняттям механічної роботи, але вона не збігається з прийнятою у механіці одиницею Н·м. Це ставить під сумнів коректність останньої.

У загальновідомому рівнянні Лагранжа 2-го роду, записаному для обертового руху, є фрагмент $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E}{\partial \dot{q}} \right)$, де E – кінетична енергія; $\dot{q}$ – перша похідна за часом від узагальненої координати q , якою є кут повороту (тобто $\dot{q}$ – це кутова швидкість ω); $\frac{\partial E}{\partial \dot{q}}$, або, що те ж, $\frac{\partial E}{\partial \omega}$ – момент кількості руху – рядок 7 таблиці 1. Фізичний зміст цього фрагменту – момент від сил інерції, що виникають у тілі при змінах швидкості його обертання. З нього теж випливає одиниця моменту сили Дж/рад, тобто Н·м/рад.

Таким чином, у питанні про одиницю моменту сили теж існує суперечність між двома науковими істинами – одиницями Н·м/рад та Н·м. Коректною слід вважати першу з них, яка безпосередньо випливає з «материнських» понять механічної роботи та кінетичної енергії. А одиниця Н·м фізично некоректна.

Уточнимо поняття моменту сили і у силовому просторі. Момент сили характеризує обертальний ефект від впливу сили F на деяке тіло. Тому елементарна механічна робота Fds , виконана силою F на шляху ds (розташованому у напрямку дії сили) під час повороту тіла на деякий елементарний кут $d\theta$, може бути подана як механічна робота $M_n d\theta$ моменту сили M_n на шляху $d\theta$:

$$Fds = M_n d\theta, \quad (1)$$

де M_n – позначення уточненого (оновленого) моменту сили.

З рівності (1) випливає загальнофізичне, математично строге визначення моменту сили, сформульоване у силовому просторі:

$$M_n = F(ds/d\theta), \quad (2)$$

Воно означає, що момент сили – це добуток сили F на коефіцієнт $ds/d\theta$, що є відношенням елементарного лінійного переміщення ds точки, що відбувається в напрямку докладання сили F , до елементарного кута повороту $d\theta$, що відповідає згаданому переміщенню ds .

Відношення $ds/d\theta$ – це своєрідний масштабний коефіцієнт перетворення енергії поступального руху у механічну роботу обертального руху. Він пов'язує значення прикладеної до тіла сили та створюваного нею моменту. Стосовно до важелів, з якими мав справу ще Архімед, відношення $ds/d\theta$ чисельно дорівнює довжині важеля, що вважається плечем сили. Але одиницею цього «плеча» є не метр, а м/рад. Тобто це плече являє собою не радіус r , а радіус кривизни ρ – колонка 6 рядка 5 таблиці.

Таким чином, формулювання поняття моменту сили у категоріях закону збереження енергії дає такі позитивні наслідки:

- забезпечує отримання фізично коректної когерентної одиниці моменту сили Н·м/рад;
- усуває збіг одиниць моменту сили та механічної роботи;
- при обчисленні добутку моменту сили на кут повороту надає коректну одиницю механічної роботи Дж;
- завершує повну аналогію між фізико-математичними описами явищ механіки прямолінійного та обертального рухів.

Рядки 8 - 11. З фізико-математичної точки зору момент кількості руху являє собою першу похідну від кінетичної енергії E за кутовою швидкістю ω : $\partial E/\partial \omega$ – колонка 4 рядка 8 таблиці.

У науково-практичній діяльності момент кількості руху L і кутовий момент ΔL обчислюють за іншими співвідношеннями, наведеними у колонці 4 рядків 9 – 11. З чотирьох співвідношень, наведених у рядках 8 - 11, впливають три різні одиниці, тобто три різні наукові істини – кг·м²/(с·рад), кг·м²·рад/с і кг·м²/с. Перша з них впливає безпосередньо з «материнського» поняття кінетичної енергії E , внаслідок чого коректною слід вважати саме її, а решту одиниць слід вважати фізично некоректними. Таким чином, одиниця кг·м²/с, прийнята сьогодні для моменту кількості руху і кутового моменту, є фізично некоректною, її слід виправити на одиницю кг·м²/(с·рад), або, що те саме, Дж·с/рад.

Внаслідок цього слід уточнити і рівняння, наведені у колонці 4 рядків 9 - 11. Для цього запишемо оновлену одиницю кг·м²/(с·рад) у трьох різних варіантах: (кг)·(рад/с)·(м/рад)², (кг)·(м/с)·(м/рад) і ((кг·м²/с²·рад))·с. З них впливають аналітичні фізично строги рівняння $L_n = m\omega\rho^2$, $L_n = mvr$ і $\Delta L_n = M_n t$ відповідно, кожне з яких надає коректну одиницю кг·м²/(с·рад). Таким чином, всі суперечності, які існували між одиницями, отримуваними у рядках 8 - 11, усунуто.

Рядки 12 і 13. Під масовим моментом інерції I_m у механіці розуміється добуток маси точки dm на квадрат радіуса її обертання r : $I_m = r^2 dm$. Це поняття теж являє собою звичайну угоду, яка нічим не обґрунтована, але і ні в кого не викликає заперечень. З наведеного рівняння впливає одиниця масового моменту кг·м². Але її застосування у процесі обчислення кінетичної енергії обертального руху призводить до отримання некоректної одиниці енергії Дж·рад² – див. колонку 5 рядка 19 таблиці. Це ознака неузгодженості одиниці масового моменту інерції кг·м² з одиницею енергії джоуль.

Для уточнення одиниці масового моменту інерції «прив'яжемо» її до «материнського» поняття кінетичної енергії. З виразу $E = I_m \omega^2 / 2$ впливає рівняння зв'язку $I_m = 2E/\omega^2$. З нього, у свою чергу, випливає уточнена одиниця масового моменту інерції кг·м²/рад². Таким чином, одиниця масового моменту інерції кг·м² (колонка 3 рядків 12 і 13) фізично некоректна, її слід виправити на одиницю кг·м²/рад² (або, що те саме, Дж/(рад·с²)), узгоджену з одиницею кінетичної енергії джоуль (колонка 7 тих же рядків).

Уточнену одиницю кг·м²/рад² можна записати у вигляді кг·(м/рад)², де вираз у дужках є одиницею радіуса кривизни ρ . Таким чином, оновленим, фізично строгим поняттям масового моменту інерції точки, узгодженим з поняттям механічної енергії, є добуток маси точки dm на квадрат радіуса кривизни ρ : $I_{mn} = \rho^2 dm$ – колонка 6 рядка 12 таблиці.

Рядок 14. Одиницею осьового моменту інерції площі I_A в прикладній механіці прийнято м⁴. Але цей момент є повною аналогією масового моменту інерції I_m – див. колонку 4 рядка 12. Тому не потребує доведення, що оновлене рівняння для обчислення моменту інерції площі I_{An} повинне мати вигляд $I_{An} = \rho^2 dA$, з якого випливає, що одиницею даного моменту є м⁴/рад². Тобто, прийнята в прикладній механіці одиниця осьового моменту інерції м⁴ є некоректною і її слід виправити на м⁴/рад².

Рядок 15. Момент опору поперечного перерізу M_r визначають за співвідношенням $M_r = I_A / r_{\max}$, з якого випливає, що одиницею згаданого моменту є м³. Проте така одиниця вже існує – це одиниця об'єму м³. Таким чином, знову отримуємо «нешкідливий виняток з правил», якого у математично і фізично строгій науці не повинно бути. Момент опору поперечного перерізу повинен мати якусь іншу одиницю. Вона випливає з уточненого співвідношення для обчислення моменту опору поперечного перерізу $M_{rn} = I_{An} / \rho_{\max}$ і має вигляд м³/рад. Коректність такої одиниці буде підтверджена результатом, отриманим у наступному рядку таблиці. Таким чином, одиниця моменту опору поперечного перерізу м³ фізично некоректна, її слід виправити на одиницю м³/рад.

Рядок 16. Механічне напруження розраховують за відомим рівнянням прикладної механіки $t = M/M_r$, у яке входять розмірнісно некоректні величини M і M_r . Проте їхні некоректності взаємно компенсуються, завдяки чому результат розрахунку надає коректну одиницю кг/(м·с²), тобто паскаль. Замінивши величини M і M_r оновленими, розмірнісно коректними величинами M_n і M_{rn} , отримуємо уточнене рівняння $t_n = M_n / M_{rn}$, яке теж надає коректну одиницю механічного напруження паскаль. Ця обставина є підтвердженням правильності одиниці моменту опору поперечного перерізу м³/рад, отриманої у попередньому рядку таблиці.

Рядки 17 і 18. Обчислення механічної роботи і потужності моменту сили, виконані із застосуванням загальноприйнятого поняття моменту сили, призводять до отримання некоректних одиниць роботи і потужності Дж·рад і Вт·рад відповідно – колонка 5 згаданих рядків. Але застосування уточненого поняття моменту сили усуває ці вади – колонки 6 і 7 тих же рядків.

Рядок 19. Одиницею кінетичної енергії є джоуль, тобто $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$. Як вже згадувалось, при застосуванні загальноприйнятої одиниці масового моменту інерції $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ з рівняння $E = I_m \omega^2 / 2$ впливає некоректна одиниця кінетичної енергії $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}^2/\text{с}^2$, тобто $\text{Дж}\cdot\text{рад}^2$. Застосування коректної одиниці масового моменту інерції $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{рад}^2$ забезпечує отримання правильної одиниці кінетичної енергії $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$, тобто Дж – колонка 7 рядка 19.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що існуючий математичний апарат класичної і прикладної механіки дійсно має істотні недоліки і потребує вдосконалення. А саме, більша частина з дев'ятнадцяти розглянутих рівнянь механіки математично нестрога або фізично некоректна. Рівняння для визначення кулової швидкості і нормального прискорення математично нестрогі через застосування у них поняття радіуса кола замість поняття радіуса кривизни. А рівняння для обчислення моментів фізично некоректні через їх неузгодженість із законом збереження енергії.

У даній роботі всі розмірнісно некоректні рівняння механіки приведено до математично строгого вигляду і узгоджено із законом збереження енергії. Жодного випадку, коли одна і та ж фізична величина має дві різні одиниці, або дві різні величини мають одну і ту ж одиницю, в уточненій сукупності рівнянь механіки не існує.

Таким чином, встановлено, що всі розмірнісні неузгодженості, які спостерігались у розглянутих рівняннях механіки, дійсно були ознакою недосконалості останніх. Аналіз розмірностей може і повинен застосовуватись для перевірки і вдосконалення математичних залежностей, які включають кутові величини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Newell, D.B., & Tiesinga, E. (Eds.). (2019). *The International System of Units (SI)*. NIST Special Publication 330 2019 edition. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.330-2019>.
- Leonard, B.P. (2021). Proposal for the dimensionally consistent treatment of angle and solid angle by the International System of Units (SI). *Metrologia*, 58, 052001. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/abe0fc>.
- Mohr, P.J., & Phillips, W.D. (2015). Dimensionless units in the SI. *Metrologia*, 52(1), 40–47. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/52/1/40>.
- Mohr, P.J., Shirley, E.I., Phillips, W.D., & Trott, M. (2022). On the dimension of angles and their units. *Metrologia*, 59(5), <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac7bc2>.
- Quincey, P. (2016). Natural units in physics, and the curious case of the radian. *Physics Education*, 51(6), <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/065012>.
- Quincey, P., Mohr, P. J., & Phillips, W. D. (2019). Angles are inherently neither length nor dimensionless. *Metrologia*, 56(4), 043001. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab27d7>.
- Quincey, P. (2021). Angles in the SI: a detailed proposal for solving the problem. *Metrologia*, 58, 053002. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac023f>.
- Воронков, И.М. (1966). *Курс теоретической механики*. Наука.
- Коган, И.Ш. (2011). Физическая величина не должна иметь единицу м^{-1} или с^{-1} . *Законодательная и прикладная метрология*, 5, 43–49.
- Митрохин, А.Н. (2000). Математика и её роль в анализе размерностей и образовании единиц измерений. *Законодательная и прикладная метрология*, 5, 39–47.
- Петров, В.А. (1986). Узловые вопросы теории качения пневматического колеса. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 8, 18–22.
- Петрушов, В.А. (1963). К вопросу о качении эластичного колеса по твердой опорной поверхности. *Автомобильная промышленность*, 2, 5–9.
- Пожидаев, С.П. (2021a). О теории качения и пятом колесе телеги. *Автомобильная промышленность*, 6, 19–27.
- Пожидаев, С.П. (2021b). О теории качения и пятом колесе телеги. *Автомобильная промышленность*, 7, 21–26.
- Пожидаев, С.П. (2023). Радіанна проблема в СІ – наукова містифікація? *Техніка і технології АПК*, 3, 28–33.
- Хантли, Г. (1970). *Анализ размерностей*. Мир.
- Широков, К.П. (1978). О статусе угловых единиц. *Измерительная техника*, 9, 30–33.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Newell, D.B., & Tiesinga, E. (Eds.). (2019). *The International System of Units (SI)*. NIST Special Publication 330 2019 edition. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.330-2019>.
- Leonard, B.P. (2021). Proposal for the dimensionally consistent treatment of angle and solid angle by the International System of Units (SI). *Metrologia*, 58, 052001. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/abe0fc>.
- Mohr, P.J., & Phillips, W.D. (2015). Dimensionless units in the SI. *Metrologia*, 52(1), 40–47. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/52/1/40>.
- Mohr, P.J., Shirley, E.I., Phillips, W.D., & Trott, M. (2022). On the dimension of angles and their units. *Metrologia*, 59(5), <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac7bc2>.
- Quincey, P. (2016). Natural units in physics, and the curious case of the radian. *Physics Education*, 51(6), <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/065012>.
- Quincey, P., Mohr, P. J., & Phillips, W. D. (2019). Angles are inherently neither length nor dimensionless. *Metrologia*, 56(4), 043001. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab27d7>.
- Quincey, P. (2021). Angles in the SI: a detailed proposal for solving the problem. *Metrologia*, 58, 053002. <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac023f>.
- Voronkov, I.M. (1966). *Kurs teoreticheskoy mekhaniki* [Course of theoretical mechanics]. Nauka.
- Kogan, I.Sh. (2011). Fizicheskaya velichina ne dolzhna imet' yedinitu m^{-1} ili s^{-1} [A physical quantity should not have the unit m^{-1} or s^{-1}]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya – Legislative and applied metrology*, 5, 43–49.
- Mitrokhin, A.N. (2000). Matematika i yeyo rol' v analize razmernostey i obrazovanii yedinit izmereniy [Mathematics and its role in the analysis of dimensions and the formation of units of measurement]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya – Legislative and applied metrology*, 5, 39–47.
- Petrov, V.A. (1986). Uzlovyye voprosy teorii kacheniya pnevmaticheskogo kolesa [Key issues in the theory of rolling of a pneumatic wheel]. *Traktory i sel'khoz mashiny – Tractors and agricultural machines*, 8, 18–22.

12. Petrushov, V.A. (1963). K voprosu o kachenii elastichnogo koleasa po tverдой opornoй poverkhnosti [On the issue of rolling an elastic wheel on a solid supporting surface]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 12, 5-9.
13. Pozhidayev, S.P. (2021a). O teorii kacheniya i pyatom kolese telegi [On the theory of rolling and the fifth wheel of the cart]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 6, 19-27.
14. Pozhidayev, S.P. (2021b). O teorii kacheniya i pyatom kolese telegi [On the theory of rolling and the fifth wheel of the cart]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 7, 21-26.
15. Pozhidayev, S.P. (2023). Radianna problema v SI – naukova mistyfikatsiya? [The radian problem in SI - a scientific hoax?]. *Tekhnika i tekhnolohiyi APK – Techniques and technologies of agricultural industry*, 3, 28-33. (in Ukrainian).
16. Huntley, G. (1970). *Analiz razmernostey [Dimensional analysis]*: Mir.
17. Shirokov, K.P. (1978). O statuse uglovykh yedinit [On the status of angular units]. *Izmeritel'naya tekhnika – Measuring technology*, 9, 30-33.

Матеріал надійшов до редакції 04.12.2023р.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: CASES OF USING CHATGPT 3.5

Dmytro POKRYSHEN ✉

K. D. Ushynskiy Chernihiv Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education, Ukraine
pokryshen@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-9572-413X>

ABSTRACT

Formulation of the problem. This research explores the possibilities and peculiarities of employing artificial intelligence in general secondary education. A retrospective analysis of human utilization of artificial intelligence is conducted. Emphasis is placed on the relevance and significance of aligning the education system with contemporary demands and implementing new technological solutions. The focus is on the correctness of queries to systems and the necessity of analyzing work outcomes.

Materials and methods. Data collection and processing were conducted during professional development courses for education professionals in the Chernihiv region (Ukraine) through pedagogical observation of course participants and their work with AI. Throughout the study, 34 training sessions were conducted, involving 748 teachers teaching various subjects. Among the showcased cases of AI usage, the most demanded queries among teachers are presented.

Results. Examples of text analysis using the generative system ChatGPT 3.5 are provided. The obtained results are analyzed. The findings emphasized the necessity of clearly formulating queries and providing comprehensive input data and complete texts for analysis. In such cases, the artificial intelligence system can provide more accurate responses. This study demonstrated that the system handles this task quite successfully when providing the text of a program code and requesting commentary. However, solving mathematical problems poses specific difficulties, and obtaining the correct answer is only sometimes achievable. That reiterates the critical approach toward the system's obtained work outcomes.

Conclusions. ChatGPT 3.5 can correctly analyze well-known facts and provide accurate information about them, but if the facts are local, the system cannot cope with the task. Simple math problems and tasks are performed correctly, but more complex ones already cause difficulties. It is essential not only to write prompts correctly but also to present input data. Such tasks as paraphrasing, translation, and changing the text's tone demonstrate modern AI systems' capabilities. ChatGPT 3.5 can become a good teacher's assistant or assistant for preparing various documentation. Requests for help in writing lesson plans, preparation of educational activities, formation of project topics, and technological maps of projects are carried out by the system at a high level.

KEYWORDS: general education; artificial intelligence; ChatGPT 3.5; usage examples; artificial intelligence problem.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: КЕЙСИ ВИКОРИСТАННЯ CHATGPT 3.5

Дмитро ПОКРИШЕНЬ ✉

Чернігівський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені К.Д. Ушинського, Україна
pokryshen@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-9572-413X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Основною метою цього дослідження є відображення можливостей та особливостей використання штучного інтелекту у закладі загальної середньої освіти. Проведено ретроспективу застосування штучного інтелекту людиною. Наголошено на актуальності та важливості відповідності системи освіти вимогам сучасності та впровадженні нових технологічних рішень. Зроблено акценти на коректність запитів до систем та необхідності проведення аналізу результатів роботи.

Для цитування:	Pokryshen D. Artificial Intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 56-63. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-08
	Pokryshen, D. (2024). Artificial Intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 56-63. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08
For citation:	Pokryshen, D. (2024). Artificial Intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 56-63. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08
	Pokryshen, D. (2024). Artificial Intelligence in education: cases of using ChatGPT 3.5. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 56-63. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08

Матеріали і методи. Збір даних, їх опрацювання відбувалось під час проведення курсів підвищення кваліфікації працівників освіти Чернігівської області (Україна) шляхом педагогічного спостереження за слухачами курсів та їх роботою із ШІ. За час дослідження було проведено 34 навчальних заняття та взяли участь 748 учителів, що викладають різні навчальні предмети. Серед наведених кейсів використання ШІ представлено найбільш затребувані запити серед учителів.

Результати. Наведено приклади аналізу тексту за допомогою генеративної системи ChatGPT 3.5. Проаналізовано отримані результати. Результати засвідчили необхідність чіткого формулювання запитів та за можливості надання вхідних даних, повного тексту для аналізу. У такому випадку система штучного інтелекту зможе більш точно надати відповідь. Це дослідження показало, якщо надати текст програмного коду та попросити прокоментувати його, то система досить успішно із цим справляється. Водночас розв'язування математичних завдань викликає певні труднощі і не завжди вдається отримати правильно відповідь. Що вчергове наголошує на критичному ставленні до отриманих результатів роботи системи.

Висновки. Широко відомі факти ChatGPT 3.5 має змогу коректно аналізувати та видає правдиву інформацію про них, але якщо факти мають локальний характер, то система не може справитись із завданням. Прості математичні завдання та задачі виконуються правильно, але більш складні вже викликають труднощі. Важливим є не тільки правильне написання промптів, але і подання вхідних даних. Такі завдання як перефразування, переклад, зміна тону тексту демонструють всі можливості сучасних систем ШІ. ChatGPT 3.5 може стати гарним помічником або асистентом вчителя із підготовки різної документації. Запити із допомогою у написанні план-конспектів уроків, підготовка виховних заходів, формування тем проєктів, технологічних карт проєктів виконуються системою на високому рівні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: загальна освіта; штучний інтелект; ChatGPT 3.5; приклади використання; проблема штучного інтелекту.

INTRODUCTION

Thirty to forty years ago, people envisioned a future where artificial intelligence (AI) would rebel against humanity and seize control. However, as of 2023, this hasn't materialized. Today, scientists and IT experts worldwide are striving to create assistants that handle routine operations and aid humans in their work. Recalling the initial attempts to integrate AI into daily life, one immediately recalls Siri, the voice assistant that emerged with the iPhone 4S and became accessible to everyone, and the T9 function available on traditional keypad phones. Additionally, the renowned statistical machine translation service capable of self-learning, Google Translate, has significantly evolved over time and is highly popular among users.

Artificial intelligence (AI) plays a crucial role in transforming modern education, and its integration into secondary school-level learning is of great significance. AI enables the adaptation of education to each student's individual needs. Intelligent analysis systems can consider learning styles, pace, and the comprehension level of each student, creating personalized programs for optimal material assimilation. The use of AI stimulates the development of critical thinking and problem-solving skills. Students interacting with intelligent systems that demand logical thinking and analysis develop critical thinking skills. Teaching the use of AI helps students and teachers familiarize themselves with modern technologies, essential in the face of rapid technological dynamics, preparing youth for future challenges in industry and scientific environments.

AI assists teachers in collecting and analyzing large volumes of data regarding students' performance, activity, and progress. This enables making more informed decisions about teaching methods and approaches for specific groups of students. Proficiency in AI knowledge and skills makes graduates more competitive in the global job market. Understanding and working with intelligent technologies become vital components of modern education. AI can serve as a tool for creating creative interactive tasks and projects, fostering creativity and an innovative approach to problem-solving.

The use of AI contributes to enhancing STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education, as these technologies are frequently utilized in these fields and can make learning more engaging and effective. Educating teachers about the use of AI in secondary school becomes a pivotal element in implementing these technologies into the educational process. This allows for the creation of a conducive and innovative learning environment aimed at preparing students for the challenges of the modern world.

METHODS OF RESEARCH

Theoretical – analysis of scientific and methodical sources on the use of artificial intelligence, features of using the basics of AI in educational institutions, awareness and understanding of prompt engineering, approaches to writing prompts for AI systems.

Experimental – modeling requests to AI and refining the results, applying different approaches to formulating requests to AI and analyzing the results.

Statistical - mathematical and software processing of the received data.

Data collection and processing took place during training courses for education workers in the Chernihiv region (Ukraine) through pedagogical observation of course participants and their work with AI. During the research, 34 training sessions were held and 748 teachers teaching various subjects participated.

Among the showcased AI usage cases, the most demanded queries among teachers are represented. Regional institutes for teachers' professional development stand as the leading hubs for educators' professional growth, hence identifying teachers' needs regarding AI utilization in the educational process is specifically directed at the specialized departments of such institutions. This provides grounds to assert the validity of the presented cases and their subsequent analysis.

The aim of this research is to review the peculiarities and possibilities of using ChatGPT 3.5 in education and demonstrate its application cases

THEORETICAL FRAMEWORK AND ANALYSIS OF RECENT PUBLICATIONS

Works by Pokryshen D.A., Prokofiev E.H., Azaryan A.A. (2019) and Pokryshen D., Nesterenko S. (2022) address the issues of preparation, professional development, and qualification enhancement of educators. Tingting Zhang, Xiangpeng Lu, Xu Zhu, Jing Zhang (2023) emphasize the impact of AI on education and the importance of adapting it to contemporary demands.

Research by Holmes W., Porayska-Pomsta K., Holstein K., Sutherland E. et al. (2021) is devoted to the ethical aspects of AI usage in education, focusing on categories such as fairness, accountability, transparency, bias, autonomy, agency, and engagement.

As noted by Ouyang F. and Jiao P. (2021), within the context of computational and informational technology development, AI finds extensive application in education. AI opens new possibilities, potentials, and challenges in educational practice. Throughout its short history in education, AI has undergone several paradigmatic shifts characterized by three paradigms: AI-oriented, where the learner is a recipient; AI-supported, where the learner collaborates with AI; and AI-empowered, where the learner leads. In these three paradigms, AI techniques are used to address educational challenges in various ways.

Issues related to teaching AI usage and expert systems have been explored by Ramsky Y., Balik N., Ivaskiv I., Spirin O., Semerikov O., Teplytsky I., and others. Notable experts in AI development and usage include Karen Simonyan, Kaiming He, Juergen Schmidhuber, and Yann LeCun.

The number of services employing AI increases daily. Among service categories are: creation and editing of audio, video, text; optimization of management, SEO; selection of useful resources, research, experiments, and more.

The study by Spirin O.M., Oleksyuk V.P. (2023) provides an overview of the experience in training computer science teachers using AI in Ukraine. It offers an analysis of contemporary requirements for its application and identifies necessary competencies. The research shows that in our country, the development of methodological systems for teaching AI fundamentals was initiated in the 1990s and continues to this day.

Many researchers and practitioners worldwide explore the possibilities of using AI in education. In Cato Rolea's article (2023), the author examines examples of AI application in higher education and emphasizes that specialized technical knowledge and skills are not necessary for understanding and applying AI. The author provides several specific examples.

An essential aspect in AI utilization is the ability to provide clear instructions. The author refers to this skill as "prompt engineering." An example is given regarding generating a graduate's image using Midjourney, accompanied by instructions on refining and making the request more precise. Interestingly, using the same query in Canva through the embedded Magic Media app yields a similar image, indicating the accuracy of the instructions.

Creating a chatbot with clear instructions to respond to specific queries using the Poe service is demonstrated. This can be useful when needing a bot to remain focused on a particular topic without constant guidance.

The text highlights AI's utility in generating text and responses to inquiries, as well as in quickly summarizing and expediting research. The WordTune Read service is suggested, capable of summarizing articles or books up to 300 pages, with real-time verification.

The service MeetCody allows for creating knowledge-based chatbots, aiding in avoiding the dissemination of incorrect information. This service could be valuable in crafting specialized chatbots for various tasks within higher education institutions.

In Brooke Scucs' article (2023), the author shares experiences using ChatGPT to ease and enhance the academic publishing process. Practical recommendations from the author are further discussed in the article.

To get the best results from AI, it's essential to be specific in your queries and request responses tailored to your needs. For instance, you can ask for an abstract of an article for a scholarly journal within a word limit or adapt the style to an academic context. AI can help identify suitable journals for publishing your work by providing a brief description of your article and asking for recommendations. ChatGPT can extract key aspects from lengthy and complex texts, simplifying the preparation of analyses and conclusions. It can outline the article's structure or provide a bullet-point template based on your guidance, aiding in material preparation. AI can be a valuable partner in idea development and thought articulation. Asking precise questions yields valuable advice. Moreover, after analyzing your material, AI can offer constructive feedback useful in editing and preparing the text for publication.

However, it's crucial to remember that while these tools can be helpful, it's always advisable to verify their output before use, as all current models make mistakes and may provide incorrect information. As noted in Schleicher Andreas' work (2023), in March 2022, ChatGPT could only complete 28% of the mathematics tasks in the PISA test designed for 15-year-olds. But by March 2023, it managed to successfully complete 46% of the tasks, indicating rapid but insufficient AI development. In this article, the author examines the impact of AI, particularly ChatGPT, on modern education.

MAIN CONTENT OVERVIEW

Let's look at some examples of how educators use ChatGPT 3.5 for their work. In the work of a teacher, psychological aspects, features of working with children of different ages, processing of textual information, preparation of various documentation (lesson plans, conducting educational activities), performing practical exercises, solving problems are important. The analysis of the proposed cases makes it possible to evaluate the effectiveness of using ChatGPT 3.5 in view of the specifics of the activity of the education worker.

Case 1: Fairy Tale Analysis

Let's start with an overview of the fairy tale "Kolobok," which is used in preschool institutions during fairy tale therapy. Taking into account the recommendations provided above, let's formulate the request as follows: describe the fairy tale "Kolobok" from the perspective of a psychologist in a kindergarten.

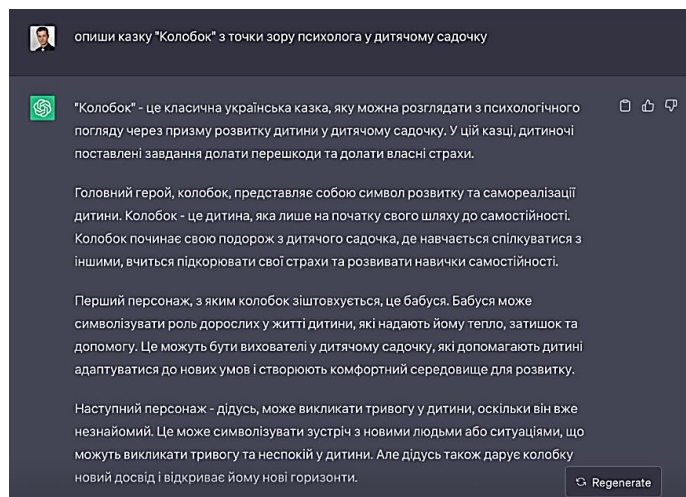


Figure 1. Analysis of the "Kolobok" in ChatGPT

Source: Own work

During the query, we recommend using common terms and names. If new terms are used (for example, not "kindergarten" but "preschool institution"), the system may not understand. This is related to the database used up to 2021. The results of the query execution are shown in Figure 1.

Upon reading the provided response, we can conclude that everything is accurately presented, and the materials provided can be effectively used in the work.

For the next query, we will ask for an analysis of the "Kotyhoroшко" fairy tale (Figure 2).

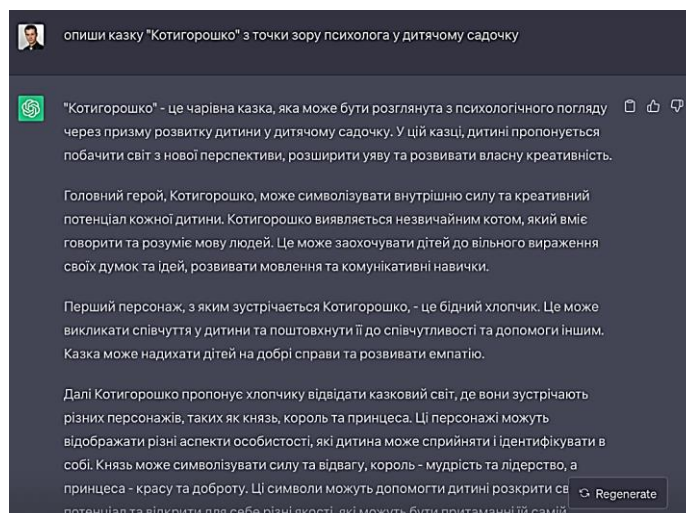


Figure 2. Analysis of the "Kotyhoroшко" Tale in ChatGPT

Source: Own work

As we can see from the result, it is entirely fabricated by the system and does not correspond to reality. Even after refining the query and providing a link to the tale to ensure the specific analysis of the required story, the response did not improve. A similar situation occurred with the tale "Ivasyk-Telesyk". Out of the three suggested tales, accurate analysis was provided only for one.

Therefore, we can conclude that it is essential to approach the results of ChatGPT's work critically when analyzing texts and carefully review the materials prepared by the system.

Case 2. Text Analysis and Revisions

In the previous example, the AI was given only the title of the tale, and the system autonomously conducted the search for the necessary material. Now, let's try to entirely revise the provided text.

We'll propose changing the tone of the "Strategies for Sustainable Development in Ukraine" from formal to something more engaging for students (Figure 3). We'll formulate the request as follows: change the tone of the text to be humorous. Then, after the colon, insert the text itself. Please note that the text shouldn't be excessively lengthy if you're using the free subscription (version 3.5).

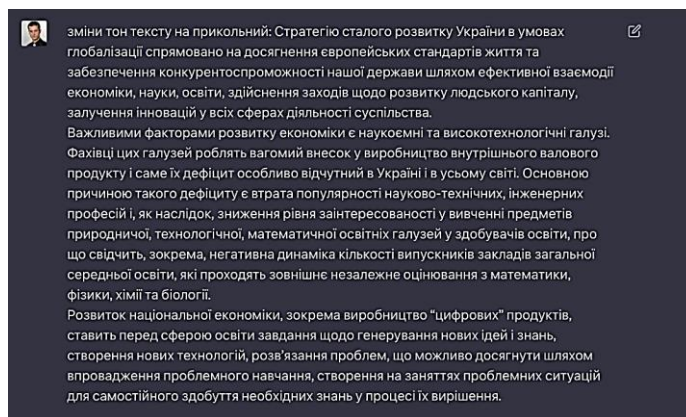


Figure 3. Request for Changing the Tone of the Text

Source: Own work

As a result, we will obtain a new text that can be utilized (Figure 4). After receiving the output, we recommend rereading it to eliminate inaccuracies or misconceptions.

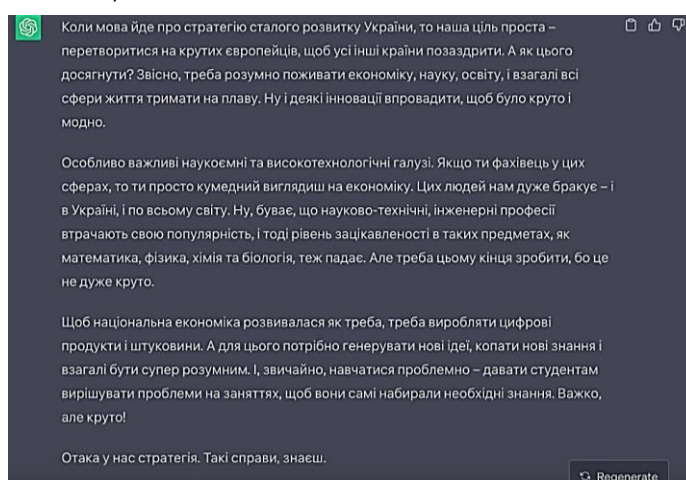


Figure 4. Modified Tone of the Text

Source: Own work

In addition to changing the tone of the text, the system analyzes the text quite well and draws conclusions, paraphrases. However, after the colon in the request, it's necessary to provide the full text that needs to be reworked. Examples of requests can be as follows: change the tone to academic, rephrase, draw conclusions from the text, provide recommendations, rewrite in different words, and others.

Case 3. Lesson Plan Writing

In a teacher's work, there are situations where it's necessary to prepare and conduct an event, whether it's a moral lesson or just a regular class. AI is ready to assist the teacher with this task. Besides suggesting the topic for the event, it's possible to prepare its plan. In this case, the request would look like this: imagine you are a mathematics teacher at a school. Write a lesson plan for a 5th-grade math class on the topic "Adding and Subtracting Decimal Fractions." The duration of the lesson is 45 minutes (Figure 5).

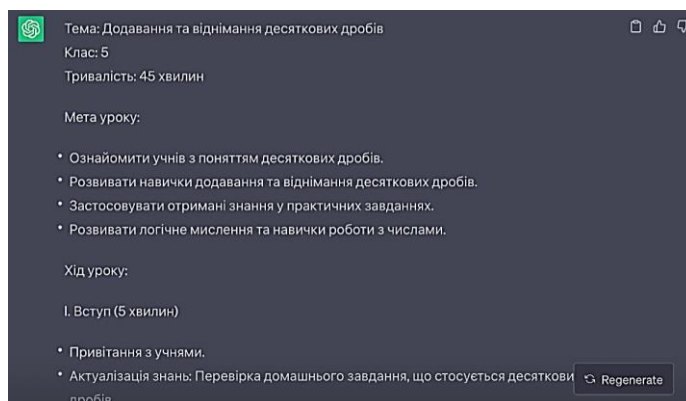


Figure 5. Lesson Plan: Adding and Subtracting Decimal Fractions

Source: Own work

The provided result indicates that AI successfully handles such tasks. It remains the teacher's responsibility to verify the correctness of the proposed material.

Case 4. Program Code Analysis

When discussing the work of a computer science teacher, where the curriculum constantly evolves due to technological advancements, there arises a challenge of understanding programming languages for both the teacher and the students. If a teacher received their education at a university 20 years ago, learning the Python programming language was not part of the curriculum at that time. Therefore, understanding this has to be pursued independently.

We input the program code into the AI and request it to provide comments (Figure 6, Figure 7).

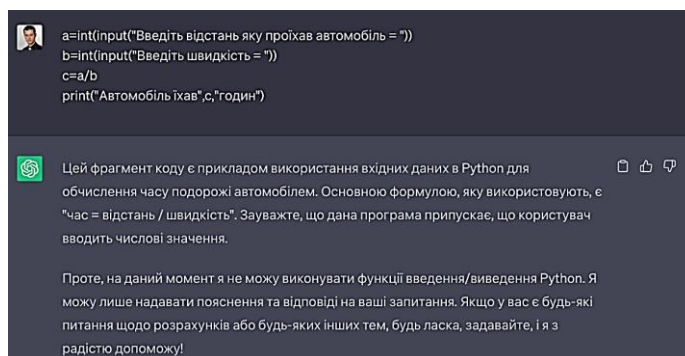


Figure 6. Python Code
Source: Own work

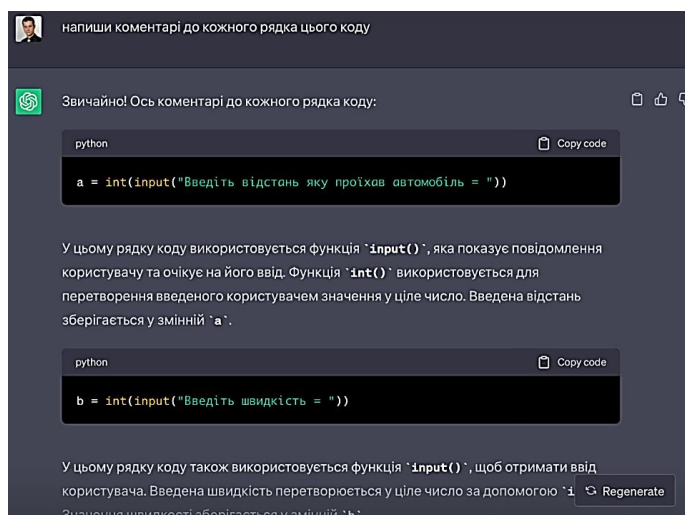


Figure 7. Explanation of the program code
Source: Own work

With such explanations, the teacher can understand the code and assist the students. The explanations are quite clear and understandable.

Case 5. Solving equations

A mathematics teacher also has the opportunity to utilize AI in their work. Let's consider an example of finding the roots of the equation $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$. The query in this case would look like: "Find the roots of the $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$."

By trial and error, ChatGPT provides the answer $x = 4$. However, since it's a cubic equation, there might be more than one root. Therefore, to inquire about other roots, we clarify by asking: "And the other roots?" (Figure 8).

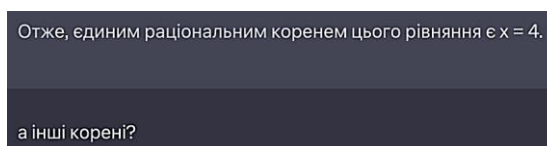


Figure 8. Roots Found for the Equation
Source: Own work

After additional calculations, we see two more additional roots on the screen. Clarifying if this is the correct answer, we have the following result: "You are right, the expression I provided for the roots of the equation was incorrect. Apologies for the inconvenience." (Figure 9).

Таким чином, інші два корені рівняння $x^3 - 4x^2 + 6x - 24 = 0$ є:
 $x = -2 + \sqrt{22}$ та $x = -2 - \sqrt{22}$.

це правильна відповідь?

Ви праві, вираз, який я надав, для коренів рівняння був невірним. Перепрошую за незручності.

Figure 9. Additional Roots Found for the Equation

Source: Own work

If you find the roots of this equation using the specialized symbolic computation service WolframAlpha, you will get a different solution (Figure 10).

WolframAlpha computational intelligence.

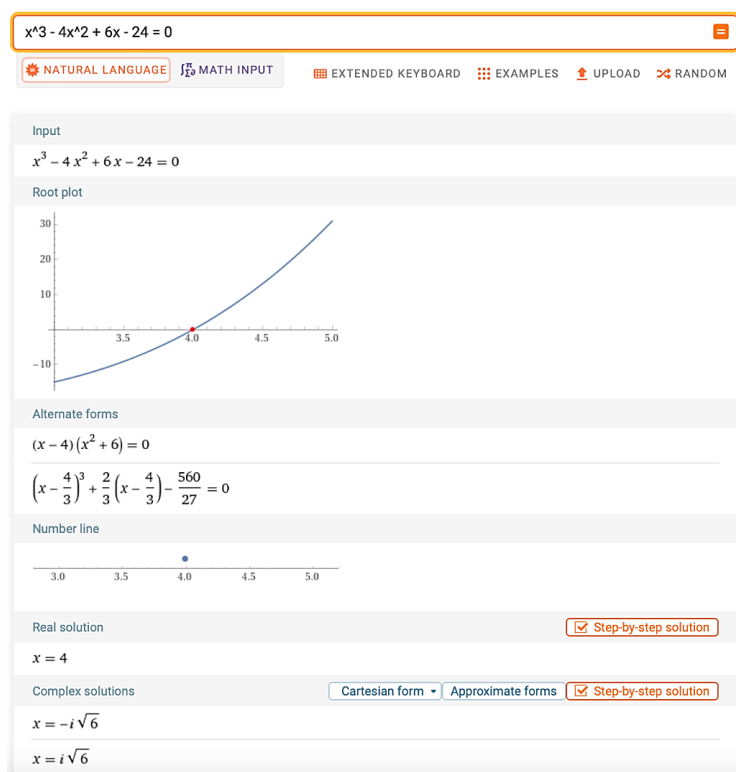


Figure 10. Roots of the Equation Found in WolframAlpha

Source: Own work

Therefore, we can conclude that there are challenges in solving mathematical tasks using ChatGPT 3.5. Obtaining the correct answer can be challenging, highlighting the importance of verifying the results generated by AI.

CONCLUSIONS

We can draw the following conclusions from the considered cases:

1. Well-known facts ChatGPT 3.5 is able to correctly analyze and gives true information about them. But if the facts are of a local nature (tales of Kotyhoroshko, Ivasyk-Telesyk, etc.), then the system cannot cope with the task. Thus, when submitting a request to AI, it is necessary to take this fact into account and analyze each of its responses.
2. Given that ChatGPT is a Generative Pre-trained Transformer, its ability to solve mathematical problems is a side effect, it is worth approaching the results obtained from the system very carefully. Simple tasks and tasks are completed, but more complex ones already cause difficulties.
3. By providing all the data (text) necessary for analysis to the ChatGPT 3.5 system, it performs its analysis very well and displays the results. Therefore, it is important not only to write prompts correctly, but also to present input data. Such tasks as paraphrasing, translation, changing the tone of the text demonstrate all the capabilities of modern AI systems.
4. ChatGPT 3.5 can become a good teacher's assistant or assistant for the preparation of various documentation. Requests for help in writing lesson plans, preparation of educational activities, formation of project topics, technological maps of projects are carried out by the system at a high level. In such requests, it is important to indicate the duration of the event (45 minutes), the class of students, the name of the educational subject and additional parameters, if necessary.

As noted by Schleicher Andreas (2023), the rapid advancement of AI opens new opportunities in education. AI demonstrates significant progress in addressing educational tasks compared to human performance. Within the context of using AI in education, approaches to teaching need to change. Education should foster skills in learners to navigate a complex, evolving, and uncertain world rather than simply transmitting ready-made knowledge.

Schleicher Andreas points out that contemporary science and education should be presented differently. Learning should not merely be about memorizing facts but should facilitate understanding the scientific method, formulating proper questions, and developing intellectual capabilities. In a world with vast access to information, it is crucial to educate learners to critically evaluate information, distinguishing facts from opinions—as demonstrated in the discussed cases. Education needs to shift from individual learning to cooperative and interactive learning. Modern society values the synergy between different fields of knowledge and the ability to leverage diverse ideas. The education of the future should be integrated, emphasizing connections between subjects and interaction among learners. Learning should adapt to new conditions and technological advancements rather than simply substituting humans with AI.

Hence, educating educators about the use of artificial intelligence and preparing them for such activities is a pertinent process directly impacting the evolutionary development of education. The discussed examples illustrate the importance of framing queries correctly to AI systems and critically and thoughtfully approaching the obtained results.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Brooke Scucs (2023). Not replacing but enhancing: using ChatGPT for academic writing. *Times Higher Education*. URL: https://www.timeshighereducation.com/campus/not-replacing-enhancing-using-chatgpt-academic-writing?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=the-download&spMailingID=26284207&spUserID=MTAxNzcwOTEyMTAyNAS2&spJobID=2253275586&spReportId=Mjl1Mzl3NTU4NgS2.
2. Cato Rolea (2023). Useful Applications of AI in Higher Education - Which No Specialist Tech Knowledge Needed. *Times Higher Education* URL: https://www.timeshighereducation.com/campus/useful-applications-ai-higher-education-which-no-specialist-tech-knowledge-needed?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=the-download&spMailingID=26474520&spUserID=MTAxNzcwOTEyMTAyNAS2&spJobID=2270311488&spReportId=Mjl3MDMxMTQ4OAS2.
3. Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., & Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1-23.
4. Iatsyshyn, A. (ed.) (2023). *The Use of Artificial Intelligence in Education: ChatGPT and Beyond: Collection of Round Table Materials*. Kyiv, UkrISTEI.
5. Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020.
6. Pokryshen, D. A., Prokofiev, E. H., & Azaryan, A. A. (2019). Blogger and YouTube services at a distant course "Database management system Microsoft Access". *CEUR Workshop Proceedings*, 2433, 516–528. <https://doi.org/10.55056/cte.410>.
7. Pokryshen, D., & Nesterenko, S. (2022). Information and communication technologies as a teacher's self-development tool. *Electronic scientific professional journal "Open educational e-environment of modern university"*, 13, 114–121. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2022.139>.
8. Schleicher Andreas. (2023). ChatGPT and PISA: Ensuring Our Education Systems Keep Up. *OECD EduToday*. URL: <https://oecdeditoday.com/chatgpt-and-pisa-ensuring-our-education-systems-keep-up/>.
9. Spirin, O. M., & Oleksiuk, V. P. (2023). Dosvid ta perspektyvy vykorystannia tekhnolohii shtuchnoho intelektu u navchanni maibutnikh uchyteliv informatyky [Experience and prospects of using artificial intelligence technologies in the training of future computer science teachers]. *Teoriia i praktyka vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii v umovakh tsyvrovoi transformatsii osvity – Theory and practice of using information technologies in conditions of digital transformation of education*, Kyiv: Vyd-vo UDU imeni Mykhaila Drahomanova, 2023. (in Ukrainian).
10. Tingting, Zhang, Xiangpeng, Lu, Xu, Zhu, & Jing, Zhang (2023) The contributions of AI in the development of ideological and political perspectives in education. *Heliyon*, 9, e13403. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13403>.

Text of the article was accepted by Editorial Team 06.01.2024



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ БОЙОВИХ ДІЙ ЯК ЗАСІБ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ОРІЄНТОВАНOSTІ ВИКЛАДАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ВВНЗ

Олександр ФУРСЕНКО

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Olfursenko@ukr.net

<https://orcid.org/0009-0008-9637-7297>

Наталія ЧЕРНОВОЛ

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

n.n.chernovol@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7988-7016>

Галина БОБРИЦЬКА ✉

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

bogalina31@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-2793-5108>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Викладання математичних дисциплін у вищих військових навчальних закладах (ВВНЗ) орієнтовано перш за все на забезпечення інструментом вивчення точних наук. При цьому в спеціальних дисциплінах не в повному обсязі використовуються можливості математики. В такій ситуації у курсантів і слухачів часто зникає мотивація до вивчення цієї науки. Тому важливо на початку вивчення вищої математики показувати на прикладах її застосування у військовій справі. Прикладом застосування є математичне моделювання бойових дій. Задачі такого типу допомагають сформувати навчальне середовище, що сприяє підвищенню мотивації курсантів до вивчення цих дисциплін та поглиблює їх професійні знання. Існує значна база задач такого типу, але з розвитком сучасних воєнних технологій та розвитком математики ця база потребує оновлення та переосмислення.

Матеріали і методи. Для виконання дослідження використано стохастичний підхід в дослідженні моделей бойових дій: введення станів відповідної системи, побудова графу переходів від одного стану до іншого з вказанням інтенсивностей, запис відповідної системи диференціальних рівнянь Колмогорова.

Результати. Надано детальний опис розв'язання прикладу стохастичної моделі “поганоорганізованого бою” для використання при викладанні окремих розділів прикладної математики і доповнення цим матеріалом традиційної методики викладання з метою підвищення мотивації вивчення математичних дисциплін курсантами та слухачами військових університетів. В запропонованому прикладі розглянуто стани системи, побудовано граф, виписано інтенсивності при переході від одного стану до іншого, виписана система диференціальних рівнянь Колмогорова, вказано метод розв'язання цієї системи і самі розв'язки, наведено кінцеві формули з підрахунку математичних сподівань кінцевого числа бойових одиниць кожної сторони та ймовірності перемоги кожної сторони.

Висновки. В роботі представлено детальний опис застосування стохастичного підходу до побудови моделей бойових дій. Наведений приклад демонструє покрокове виконання цього підходу і може бути застосований при викладанні “Теорії ймовірностей”, “Марківських процесів”, “Математичного моделювання та оптимізації досліджень” тощо в ВВНЗ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Марковський процес з дискретними станами і неперервним часом; граф станів; диференціальні рівняння Колмогорова; інтенсивність; ефективна скорострільність; бойова одиниця.

Для цитування:	Фурсенко О., Черновол Н., Бобрицька Г. Математичні моделі бойових дій як засіб вдосконалення професійної орієнтованості викладання математичних дисциплін у ВВНЗ. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 64-69. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-09
	Фурсенко, О., Черновол, Н., Бобрицька, Г. (2024). Математичні моделі бойових дій як засіб вдосконалення професійної орієнтованості викладання математичних дисциплін у ВВНЗ. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 64-69. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-09
For citation:	Fursenko, O., Chernovol, N., & Bobrytska, H. (2024). Mathematical combat models as a means of improving the profession-focused teaching of mathematics in military universities. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 64-69. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-09
	Fursenko, O., Chernovol, N., & Bobrytska, H. (2024). Matematychni modeli boiovykh dii yak zasib vdoskonalennia profesiinoi orientovanosti vykladannia matematychnykh dysyplin u VVNZ [Mathematical combat models as a means of improving the profession-focused teaching of mathematics in military universities]. <i>Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 64-69. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-09

MATHEMATICAL COMBAT MODELS AS A MEANS OF IMPROVING THE PROFESSION-FOCUSED TEACHING OF MATHEMATICS IN MILITARY UNIVERSITIES

Oleksandr FURSENKO

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine
Olfursenko@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0008-9637-7297>

Nataliya CHERNOVOL

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine
n.n.chernovol@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7988-7016>

Halyna BOBRYTSKA ✉

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine
bogalina31@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-2793-5108>

ABSTRACT

Formulation of the problem. The teaching of mathematical disciplines in higher military educational institutions is focused primarily on providing a tool for studying the exact sciences. At the same time, the possibilities of mathematics still need to be fully utilized in particular disciplines. In this situation, cadets and students often need more motivation to study this science. Therefore, it is important to show examples of its application in military affairs at the beginning of the study of higher mathematics. An example of such an application is the mathematical modeling of combat operations. Problems of this type help create a learning environment that helps increase cadets' motivation to study these disciplines and deepen their professional knowledge. There is a significant base of tasks of this type. Still, with the development of modern military technologies and the development of mathematics, this base needs to be updated and rethought.

Materials and methods. The study used a stochastic approach to study combat models: introduction of the states of the corresponding system, construction of a graph of transitions from one state to another with an indication of intensities, and writing the corresponding system of Kolmogorov differential equations.

Results. A detailed description of the solution of an example of a stochastic model of "poorly organized combat" is given for teaching certain sections of applied mathematics and supplementing the traditional teaching methodology with this material to increase the motivation to study mathematical disciplines by cadets and students of military universities. In the proposed example, the states of the system are considered, a graph is constructed, intensities are written out during the transition from one state to another, a system of Kolmogorov's differential equations is written out, the method of solving this system and the solutions themselves are indicated, and the final formulas for calculating the mathematical expectations of the final number of combat units of each side and the probability of victory of each side are given.

Conclusions. The paper presents a detailed description of the application of the stochastic approach to the construction of combat models. This example demonstrates the step-by-step implementation of this approach. It can be used in teaching "Probability Theory," "Markov's processes," "Mathematical Modeling, and Optimization of Research," etc., in higher education institutions.

KEYWORDS: discrete-state and continuous-time Markov process; the Kolmogorov differential equations; the intensity; effective rate of fire; combat unit.

ВСТУП

Постановка проблеми. При викладанні вищої і прикладної математики в закладах вищої освіти, зокрема ВВНЗ, є важливим розв'язувати задачі професійної спрямованості. Задачі військово-прикладного характеру мають підготувати майбутніх офіцерів до кращого оволодіння майбутньою професією, до прийняття рішень у прогнозуванні результатів бою. Задачі професійного спрямування мотивують курсантів і слухачів до більш глибокого вивчення відповідної теми.

Аналіз актуальних досліджень. Автори Козлакова та Ковалюк (2009), Хом'юк (2004), Букатар та ін. (2009), Бондаренко (2004) пропонують вводити в курси вищої математики задачі прикладного характеру, важливі для обраних професій. В роботі (Хитряк та ін., 2016) пропонується розглянути моделі Ланчестера бойових дій в розділі "Диференціальні рівняння" дисципліни "Вища математика" ВВНЗ. Робота (Фурсенко & Черновол, 2020) пропонує запровадити моделі бойових дій з дисципліни "Вища математика" в розділі "Диференціальні рівняння" та з дисципліни "Прикладна математика" в розділах "Операційне числення" та "Теорія ймовірностей". Дана робота продовжує дослідження в цьому напрямку, а саме розглядається приклад стохастичної моделі бойових дій для розгляду в курсі прикладної математики магістрантам ВВНЗ.

В останні роки дослідженню різних аспектів стохастичного моделювання бойових дій присвячені роботи Томаса (2000), Веса (2015), Кірні і Мартіна (2019). В роботі Чуєва (2011) запропонована система диференціальних рівнянь, що описує "поганоорганізований бій" в загальному випадку, але пояснення, звідки коефіцієнти виписаної системи, як вона отримана і як розв'язується – відсутні. Дана робота на конкретному прикладі вносить ясність в цей матеріал. В інших роботах представлені різні модифікації стохастичних моделей бойових дій: ймовірнісна модель двосторонніх бойових дій, коли одна сторона притримується умов "високоорганізованого бою", а інша – умов "поганоорганізованого бою" (Чуєв, 2017), моделі бойових дій на морі з урахуванням видів зброї та спроможності захисту сторін (Армстронг, 2004, 2011, 2014)), для нерегулярних бойових дій (Кресс, 2020). Вищезазначені роботи не були присвячені викладенню методики побудови стохастичних моделей бойових дій, а представляють виклад результатів досліджень авторів. Необхідність сформулювати у

курсантів і слухачів вміння стохастичного моделювання бойових дій та, відповідно, відсутність такої методики в літературі зумовило мету статті.

Мета статті. Запропонувати детальний опис розв'язання прикладу стохастичної моделі “поганоорганізованого бою” для використання при викладанні окремих розділів прикладної математики і доповнення цим матеріалом традиційної методики викладання у вищих військових навчальних закладах з метою підвищення мотивації вивчення військовими магістрантами математичних дисциплін.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання дослідження використано стохастичний підхід у дослідженні моделей бойових дій: введення станів відповідної системи, побудова графу переходів від одного стану до іншого з вказанням інтенсивностей, запис відповідної системи диференціальних рівнянь Колмогорова відносно станів системи.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Постановка задачі наступна. Відбувається бій між двома угрупованнями: стороною 1 і стороною 2. Сторона 1 має в своєму складі N_1 однорідних одиниць, сторона 2 має N_2 однорідних одиниць, не обов'язково однорідних з бойовими одиницями сторони 1. Відомо, що α_1 і α_2 – ефективні скорострільності сторін 1 і 2, відповідно. Вважається, що одним пострілом можна знешкодити не більше, ніж одну бойову одиницю. Крім того, інформація про враження цілі відсутня і переніс вогню не відбувається. Завдяки останній умові цей бій в літературі називають “поганоорганізованим боєм”. Потрібно з'ясувати ймовірність перемоги кожної сторони і яка кількість неушкоджених бойових одиниць залишиться в кінці бою у кожної зі сторін.

Метод розв'язання полягає в наступному. Позначимо S_{ij} – стан системи, при якому у сторони 1 i неушкоджених одиниць, сторони 2 j неушкоджених одиниць. Вважається, що в системі $S = \{S_{ij}\}$ протікає марківський процес з дискретною множиною станів і неперервним часом. Позначимо $P_{ij}(t)$ – ймовірність того, що в момент часу t система S знаходиться в стані S_{ij} ($i = 0, 1, \dots, N_1$, $j = 0, 1, \dots, N_2$).

При описі побудови цієї моделі курсантам і магістрантам ВВНЗ для зручності розглянемо випадок $N_1 = 3$, $N_2 = 2$. Розглянемо наступний граф з вказанням інтенсивностей при переході від одного стану системи до іншого (рис. 1):

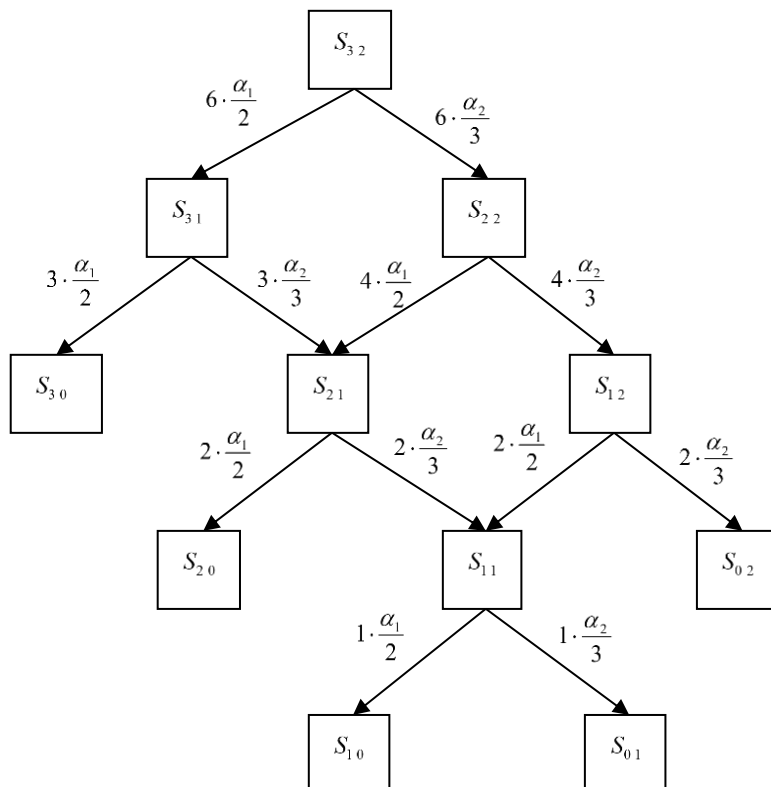


Рис. 1. Граф станів системи з вказанням інтенсивностей

Джерело: авторська розробка.

Пояснимо, що першим станом системи є стан S_{32} , при якому у сторони 1 три неушкоджені бойові одиниці, а у сторони 2 дві неушкоджені одиниці. Якщо знешкоджена одна бойова одиниця, то це наступний стан системи. Тобто наступними станами за станом S_{32} є стани S_{31} і S_{22} . Важливими є величини $\frac{\alpha_1}{N_2} = \frac{\alpha_1}{2}$ і $\frac{\alpha_2}{N_1} = \frac{\alpha_2}{3}$ – частка успішних пострілів сторони 1 за одиницю часу, що приходить на одну бойову одиницю сторони 2 і відповідно частка успішних

пострілів сторони 2 за одиницю часу, що приходить на одну бойову одиницю сторони 1. Пояснимо як випливають інтенсивності при переході від стану до стану на двох прикладах. Оскільки бій є "поганоорганізованим", тобто обстрілюються і вже вражені бойові одиниці, то при переході від стану S_{32} до стану S_{31} інтенсивність дорівнює добутку кількості пострілів сторони 1, тобто шість (кожна з трьох одиниць сторони 1 зробила постріл по кожній з двох бойових одиниць сторони 2), на частку успішних пострілів сторони 1 за одиницю часу, що приходить на одну бойову одиницю сторони 2, тобто на $\frac{\alpha_1}{2}$. При переході від стану S_{32} до стану S_{22} інтенсивність дорівнює добутку кількості пострілів сторони 2, тобто шість (кожна з двох одиниць сторони 2 зробила постріл по кожній з трьох бойових одиниць сторони 1), на частку успішних пострілів сторони 2 за одиницю часу, що приходить на одну бойову одиницю сторони 1, тобто на $\frac{\alpha_2}{3}$. Інші стани і інтенсивності випливають аналогічно. Кінцевими станами системи є наступні: S_{30} , S_{20} , S_{10} , S_{02} , S_{01} , коли у одній з сторін нуль неушкоджених бойових одиниць.

Далі, виходячи з вказаного графу (рис.1), виписуємо відповідну систему диференціальних рівнянь Колмогорова (правила створення рівнянь Колмогорова представлені у Кирій та Фастової (2014)).

Система розв'язується послідовно: спочатку перше рівняння, потім, підставивши розв'язок першого рівняння у друге, розв'язуємо друге рівняння і так далі (враховуючи початкові умови). Пояснимо, що перше рівняння є рівнянням з відокремлюваними змінними, наступні п'ять рівнянь є лінійними неоднорідними рівняннями першого порядку, які можна розв'язати, наприклад, методом Лагранжа. Останні п'ять рівнянь (зауважимо, що потрібно в них підставити раніше отримані розв'язки) розв'язуються інтегруванням лівої і правої частин рівняння (див. далі система (1)).

$$\left\{ \begin{array}{l} P'_{32}(t) = -\left(6 \cdot \frac{\alpha_1}{2} + 6 \cdot \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{32}(t) \\ P'_{31}(t) = -\left(3 \cdot \frac{\alpha_1}{2} + 3 \cdot \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{31}(t) + 6 \cdot \frac{\alpha_1}{2} P_{32}(t) \\ P'_{22}(t) = -\left(4 \cdot \frac{\alpha_1}{2} + 4 \cdot \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{22}(t) + 6 \cdot \frac{\alpha_2}{3} P_{32}(t) \\ P'_{21}(t) = -\left(2 \cdot \frac{\alpha_1}{2} + 2 \cdot \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{21}(t) + 3 \cdot \frac{\alpha_2}{3} P_{31}(t) + 4 \cdot \frac{\alpha_1}{2} P_{22}(t) \\ P'_{12}(t) = -\left(2 \cdot \frac{\alpha_1}{2} + 2 \cdot \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{12}(t) + 4 \cdot \frac{\alpha_2}{3} P_{22}(t) \\ P'_{11}(t) = -\left(\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{3}\right) P_{11}(t) + 2 \cdot \frac{\alpha_2}{3} P_{21}(t) + 2 \cdot \frac{\alpha_1}{2} P_{12}(t) \\ P'_{30}(t) = 3 \cdot \frac{\alpha_1}{2} P_{31}(t) \\ P'_{20}(t) = 2 \cdot \frac{\alpha_1}{2} P_{21}(t) \\ P'_{10}(t) = \frac{\alpha_1}{2} P_{11}(t) \\ P'_{02}(t) = 2 \cdot \frac{\alpha_2}{3} P_{12}(t) \\ P'_{01}(t) = \frac{\alpha_2}{3} P_{11}(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

Початкові умови:

$$P_{32}(0) = 1, P_{ij}(0) = 0 \text{ при } i + j < 5. \quad (2)$$

В результаті розв'язання системи (1) з початковими умовами (2) отримано наступний розв'язок :

$$\begin{aligned} P_{32}(t) &= e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t}, & P_{31}(t) &= \frac{6\alpha_1}{2\alpha_2 + 3\alpha_1} \left(e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} \right), \\ P_{22}(t) &= \frac{6\alpha_2}{2\alpha_2 + 3\alpha_1} \left(e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} \right), \\ P_{12}(t) &= \frac{12\alpha_2^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^2} \left(e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 2e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} \right), \\ P_{21}(t) &= \frac{3\alpha_1\alpha_2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^2} \left(5e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 9e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 12e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 12e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} \right), \\ P_{11}(t) &= \frac{12\alpha_1\alpha_2^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^3} \left(-21e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 3e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 6e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 8e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 10e^{-\frac{1}{6}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} \right), \\ P_{30}(t) &= \frac{9\alpha_1^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^2} \left(-e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 1 \right), \end{aligned}$$

$$P_{20}(t) = \frac{9\alpha_2^2\alpha_2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^3} \left(-15e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 3e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 8e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 6e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 4 \right),$$

$$P_{10}(t) = \frac{18\alpha_1^2\alpha_2^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^4} \left(21e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 4e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 4e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 20e^{-\frac{1}{6}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 6 \right),$$

$$P_{02}(t) = \frac{8\alpha_2^3}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^3} \left(-3e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 3e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 1 \right),$$

$$P_{01}(t) = \frac{12\alpha_1\alpha_2^3}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^4} \left(21e^{-\frac{1}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + e^{-(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 4e^{-\frac{1}{2}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 4e^{-\frac{2}{3}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} - 20e^{-\frac{1}{6}(2\alpha_2 + 3\alpha_1)t} + 6 \right),$$

Якщо розглянути границі рівностей для $P_{30}(t)$, $P_{20}(t)$, $P_{10}(t)$, $P_{02}(t)$, $P_{01}(t)$ при $t \rightarrow +\infty$, то отримаємо граничні значення відповідних ймовірностей станів, а саме:

$$P_{30}(\infty) = \frac{9\alpha_1^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^2}, \quad P_{20}(\infty) = \frac{36\alpha_1^2\alpha_2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^3}, \quad P_{10}(\infty) = \frac{108\alpha_1^2\alpha_2^2}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^4},$$

$$P_{02}(\infty) = \frac{8\alpha_2^3}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^3}, \quad P_{01}(\infty) = \frac{72\alpha_1\alpha_2^3}{(2\alpha_2 + 3\alpha_1)^4}.$$

Важливими характеристиками бою є математичні сподівання відносної кількості бойових одиниць, що збереглися неушкодженими:

$$M_1 = \sum_{i=1}^3 iP_{i0}(\infty), \quad M_2 = \sum_{j=1}^2 jP_{0j}(\infty)$$

та ймовірності перемоги сторін 1, 2 відповідно:

$$P_1 = \sum_{i=1}^3 P_{i0}(\infty), \quad P_2 = \sum_{j=1}^2 P_{0j}(\infty).$$

Наприклад, розглянемо результати бою для $\alpha_1 = 0,1$, $\alpha_2 = 0,2$ $\left(\frac{\text{постр}}{\text{хвилину}} \right)$:

$$P_{30}(\infty) \approx 0,18, \quad P_{20}(\infty) \approx 0,21, \quad P_{10}(\infty) \approx 0,18, \quad P_{02}(\infty) \approx 0,19, \quad P_{01}(\infty) \approx 0,24,$$

$$M_1 \approx 1,14, \quad M_2 \approx 0,62, \quad P_1 \approx 0,57, \quad P_2 \approx 0,43.$$

Отже, бій закінчиться майже розгромом обох сторін з незначною перевагою сторони 1 (у сторони 1 залишиться одна неушкоджена бойова одиниця).

Розглянемо результати бою для $\alpha_1 = 0,8$, $\alpha_2 = 0,1$ $\left(\frac{\text{постр}}{\text{хвилину}} \right)$:

$$P_{30}(\infty) \approx 0,852, \quad P_{20}(\infty) \approx 0,131, \quad P_{10}(\infty) \approx 0,015, \quad P_{02}(\infty) \approx 0,0005, \quad P_{01}(\infty) \approx 0,0013,$$

$$M_1 \approx 2,835, \quad M_2 \approx 0,002, \quad P_1 \approx 0,998, \quad P_2 \approx 0,002.$$

Отже, ймовірність перемоги сторони 1 достатньо висока (0,998). В результаті бою у сторони 1 залишаться неушкодженими дві бойові одиниці.

ОБГОВОРЕННЯ

Зазначимо, що для викладання магістрантам вказаної моделі доцільно розглядати малу початкову кількість бойових ресурсів обох сторін (в роботі $N_1 = 3$, $N_2 = 2$) тому, що при збільшенні кількості бойових одиниць зростає кількість станів в графі і тим самим кількість диференціальних рівнянь в системі, що описують дану модель. Але головна мета викладання цього матеріалу, навчити курсантів і слухачів ВВНЗ виписувати стани системи, будувати граф з укаванням інтенсивностей і по графу виписувати систему диференціальних рівнянь Колмогорова. Розв'язання систем не є пріоритетним в цьому, оскільки методи розв'язання рівнянь системи розглядаються на молодших курсах. Тому можна розв'язати з аудиторією, наприклад, два перші рівняння системи і далі виписати остаточні ймовірності кінцевих станів системи і по ним робити висновки щодо результатів бою.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Достатньо детальний опис ймовірнісного розв'язання задачі дозволяє застосувати загальну схему розв'язання і для інших моделей бойових дій. Покрокове розв'язання може бути застосоване викладачами при викладанні дисциплін "Теорія ймовірностей та математична статистика", "Випадкові процеси", "Прикладна математика" та "Математичне моделювання та оптимізація досліджень" в ВВНЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бондаренко, З.В. (2004). Якісний аналіз розв'язків систем диференціальних рівнянь як засіб формування деяких компонентів професійної культури студентів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 1, 115-120.
- Букатар, М.І., Дрін, І.І., & Лавренчук, В.П. (2009). З досвіду викладання вищої математики для студентів економічних спеціальностей. *Методологія викладання математичних дисциплін для нематематичних спеціальностей у сучасних умовах: тези доповідей Всеукраїнської науково-методичної конференції. 16-18 грудня 2009 р. (с. 39-41)*. СумДУ.
- Кирий, В.В., & Фастова, Н.І. (2014) *Прикладні задачі моделювання економічних процесів*. ХНУРЕ.

4. Козлакова, Г.О., & Ковалюк, Т.В. (2009). Науково-методична підтримка розвитку вищої природничо-математичної освіти в технічних університетах. *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання математики: тези доповідей Всеукраїнської науково-методичної конференції. 3-14 грудня 2009 р. (с. 208)*. СумДу.
5. Фурсенко, О.К., & Черновол, Н.М. (2020). Ланчестерівські моделі бойових дій. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 4 (66), 85-91. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>
6. Хитряк, О., Сорокати, М., & Петрученко, О. (2016). Деякі застосування диференціальних рівнянь в військовій справі. *Збірник наукових праць Національної академії державної прикордонної служби України, серія: військові та технічні науки*, 1(67), 319-330.
7. Хом'юк, І.В. (2004). Про формування професійної спрямованості студентів технічних ВНЗ у процесі вивчення теорії ймовірностей. *Вісник Вінницького політехнічного університету*, 3, 85-89.
8. Чув, В.Ю. (2011). Вероятностная модель боя многочисленных группировок. *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, сер. «Естественные науки»*, 223-232.
9. Чув, В.Ю., Дубограй, И.В., & Дьякова, Л.Н. (2017). "Смешанные" вероятностные модели двусторонних боевых действий многочисленных группировок. *Математическое моделирование и численные методы*, 1, 91-101. <https://doi.org/10.18698/2309-3684-2017-1-91101>.
10. Armstrong, M.J. (2004). *A Stochastic Salvo Model For Naval Surface Combat*. Sprott School of Business, Carleton University.
11. Armstrong, M.J. (2011). A verification study of the stochastic salvo combat model. *Annals of Operations Research*, 186(1), 23-38.
12. Armstrong, M.J. (2014). The salvo combat model with a sequential exchange of fire *The Journal of the Operational Research Society*, 65(10), 1593-1601.
13. Kearney, M. J., & Martin, R. J. (2019) *On a stochastic version of Lanchester's model of combat*. Department of Mathematics, Imperial College London.
14. Kress, M. (2020). *Lanchester Models for Irregular Warfare*. Operations Research Department, Naval Postgraduate School, Monterey.
15. Thomas, W.L. (2000). The Stochastic Versus Deterministic Argument for Combat Simulations: Tales of When the Average Won't Do. *Military Operations Research*, 5(3), 9-28.
16. Vesa, K. (2015). A Combat Equation Derived from Stochastic Modeling of Attrition Data. *Military Operations Research*, 20(3), 49-69.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bondarenko, Z.V. (2004). Jakisnyj analiz rozv'jazkiv system dyferencialnykh rivnjanj jak zasib formuvannja dejakykh komponentiv profesijnoi kul'tury studentiv. [Qualitative analysis of solutions of systems of differential equations for the formulation of the actual components in the professional culture of students]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu – Herald of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, 1, 115-120. (in Ukrainian).
2. Bukatar, M.I., Drin, I. I., & Lavrenchuk, V.P. (2009). Z dosvidu vykladannja vyshhoji matematyky dlja studentiv ekonomichnykh special'nostej [Practice of studying higher mathematics for students of economics specialties]. *Metodolohiia vykladannja matematychnykh dysyplin dlia nematematychnykh spetsial'nostej u suchasnykh umovakh – Methodology for the study of mathematical disciplines for non-mathematical specialties among the savage minds*, December 16-18. (pp. 39-41). SumDu. (in Ukrainian).
3. Kyriy, V.V., & Fastova, N.I. (2014). *Prykladni zadachi modelyuvannja ekonomichnykh protsesiv [Applied problems of modeling economic processes]*. KHNURE. (in Ukrainian).
4. Kozlakova, G.O., & Kovalyuk, T.V. (2009). Naukovo-metodychna pidtrymka rozvytku vyshhoji pryrodnycho-matematychnoi osvity v tekhnichnykh universytetakh [Scientific and methodological support for the development of higher natural and mathematical education in technical universities]. *Metodolohiia vykladannja matematychnykh dysyplin dlia nematematychnykh spetsial'nostej u suchasnykh umovakh – Methodology for the study of mathematical disciplines for non-mathematical specialties among the savage minds*, December 3-14. (p. 208). SumDu. (in Ukrainian).
5. Fursenko, O.K., & Chernovol, N.M. (2020). Lanchesterovskij modeli boevyih deystviy [Lanchester models of combat operations]. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl – Collection of Science Practitioners Kharkiv National Air Force University*, 4(66), 85-91. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>. (in Ukrainian).
6. Khitryak, O., Sorokatiy, M., & Petruchenko, O. (2016). Dejaki zastosuvannja dyferencialnykh rivnjanj v vijskovij spravi [Certain implementation of differential equations in military field]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy, serija: viiskovi ta tekhnichni nauky – Book of Science Works of the National Academy of State Bridging Service of Ukraine, Serie: in science and technology*, 1 (67), 319-330. (in Ukrainian).
7. Hom'yuk, I.V. (2004). Pro formuvannja profesijnoi sprjamovanosti studentiv tekhnichnykh VNZ u procesi vyvchennja teorii jmovirnostej [Formation of professional skills of students in technical higher education institutions during educational process of the probability theory]. *Newsletter of the Vinnytsia Polytechnic University*, No. 3, pp. 85-89. (in Ukrainian).
8. Chuev, V.Yu. (2011). Veroyatnostnaya model boya mnogochislennyih gruppirovok [Probabilistic model of battle of numerous groups]. *MGTU im. N. E. Bauman, ser. «Yestestvennyye nauki» – MSTU im. N. E. Bauman, ser. "Natural Sciences"*, 223-232. (in Russian).
9. Chuev, V.Yu., Dubograi, I.V., & Dyakova, L.N. (2017), "Smeshannyye" veroyatnostnyie modeli dvustoronnih boevyih deystviy mnogochislennyih gruppirovok" ["Mixed" probabilistic models of bilateral military operations of numerous groups], *Matematicheskoye modelirovaniye i chislennyye metody – Mathematical modeling and numerical methods*, 1, 91-101. <https://doi.org/10.18698/2309-3684-2017-1-91101> (in Russian).
10. Armstrong, M.J. (2004). *A Stochastic Salvo Model For Naval Surface Combat*. Sprott School of Business, Carleton University.
11. Armstrong, M.J. (2011). A verification study of the stochastic salvo combat model. *Annals of Operations Research*, 186(1), 23-38.
12. Armstrong, M.J. (2014). The salvo combat model with a sequential exchange of fire *The Journal of the Operational Research Society*, 65(10), 1593-1601.
13. Kearney, M. J., & Martin, R. J. (2019) *On a stochastic version of Lanchester's model of combat*. Department of Mathematics, Imperial College London.
14. Kress, M. (2020). *Lanchester Models for Irregular Warfare*. Operations Research Department, Naval Postgraduate School, Monterey.
15. Thomas, W.L. (2000). The Stochastic Versus Deterministic Argument for Combat Simulations: Tales of When the Average Won't Do. *Military Operations Research*, 5(3), 9-28.
16. Vesa, K. (2015). A Combat Equation Derived from Stochastic Modeling of Attrition Data. *Military Operations Research*, 20(3), 49-69.

Матеріал надійшов до редакції 01.12.2023р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DETECTION AND SYSTEMATIZATION OF SIGNS AND MARKERS OF MODIFICATIONS IN MEDIA CONTENT FOR THE DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY TO ENHANCING CRITICAL THINKING IN THE ERA OF DEEPPAKES

Hanna CHERMERSY ✉

Zaporizhzhia National University, Ukraine

Anyta.Chemeris@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3417-9910>

ABSTRACT

Modernity demonstrates a critical need for pedagogical support and the development of a methodology to enhance critical thinking in the face of escalating misinformation and advanced media manipulation, mainly through deepfake technology. The paper focuses on creating a comprehensive framework for detecting manipulated content and identifying indicators such as pixelization, unnatural expressions, etc. With attention to international and Ukrainian efforts, the work advocates for ongoing research adapted to evolving technologies to improve media literacy programs in combating emerging forms of misinformation.

Problem statement. The problem is the urgent need for a comprehensive methodology that fosters critical thinking skills to combat disinformation and manipulation of artificially reproduced media content, particularly in the context of emerging technologies like deepfakes. The challenge involves assessing existing pedagogical approaches, addressing gaps, and equipping both learners and educators to navigate the complexities of the digital age. Digital transformation, in general, and the spread of artificial intelligence for media generation, in particular, are irreversible processes in the modern world, so the urgent issue, given the challenges of the digital economy and the needs of the digital society, is to find forms, methods, and means of shaping the critical thinking of citizens to counteract manipulation and disinformation by synthetically reproduced media content. It is essential to develop a database with systematically organized materials categorized based on identified markers for the subsequent creation of training materials to solve the outlined issues.

Materials and methods. A comprehensive approach was employed, combining general (systemic, instrumental, and functional approaches, dialectical and comparative analysis, synthesis, and systematization for the study of pedagogical, scientific-technical, and methodological literature), specific (observation and analysis of educational practices), and general-logical methods (extrapolation, induction, and deduction for formulating conclusions) in scientific research to solve the tasks set in the study. This allowed for the examination of the current state, evaluation of the practical results of implementing the developed methodology for critical thinking formation, and identification of priority avenues for improving education in the context of the strategy to enhance media literacy and critical thinking among the population and science. The study aimed to determine priority pathways within the framework of the development of methodology of critical thinking and pedagogical support to counteract disinformation and manipulation of artificially reproduced media content and to characterize its potential scientifically. The development of critical thinking and pedagogical support to counteract disinformation and manipulation of artificially reproduced media content requires the following materials analysis: scientific-technical literature (materials offering a scientific understanding of the technical aspects related to media content creation, modification, and reproduction), methodological literature (guides and methodologies focused on developing educational frameworks and strategies to enhance critical thinking in the context of media literacy), synthetically reproduced media content (media content, especially in the context of emerging technologies like deep fake to identify modification markers).

Results. The study is devoted to analyzing, identifying, and systematizing markers and signals for identifying media manipulation to create a database for the methodology in the form of methodological cards. A comprehensive database with classification is being developed, focusing on methodological interactive cards with 66 curated cases of deepfakes and synthetically reproduced media (in Ukrainian). This initiative aims to provide educators, researchers, and learners with a versatile resource for understanding the challenges posed by manipulated media..

Для цитування:	Chemerys H. Detection and systematization of signs and markers of modifications in media content for the development of a methodology to enhancing critical thinking in the era of deepfakes. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 1. С. 70-77. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i1-10
	Chemerys, H. (2024). Detection and systematization of signs and markers of modifications in media content for the development of a methodology to enhancing critical thinking in the era of deepfakes. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(1), 70-77. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-10
For citation:	Chemerys, H. (2024). Detection and systematization of signs and markers of modifications in media content for the development of a methodology to enhancing critical thinking in the era of deepfakes. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 70-77. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-10
	Chemerys, H. (2024). Detection and systematization of signs and markers of modifications in media content for the development of a methodology to enhancing critical thinking in the era of deepfakes. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(1), 70-77. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-10

Conclusions. In response to the escalating threat of disinformation and advanced media manipulation, there is a critical need to develop a robust methodology for enhancing critical thinking skills. The study highlights global concerns about false information, mainly through deepfake technology, jeopardizing public trust and enabling psychological manipulation. Future research should consider revising media literacy programs to elevate citizens' critical thinking in the face of evolving digital landscapes and the increasing capabilities of artificial intelligence in generating media content.

KEYWORDS: Deepfake Technology; Artificial Intelligence; Generative Images; Misinformation; Media Literacy; Critical Thinking; Digitalization; Information Warfare; Public Awareness; Synthetic Media Content.

ВИЯВЛЕННЯ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОЗНАК І МАРКЕРІВ МОДИФІКАЦІЙ У МЕДІАКОНТЕНТІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕТОДОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ В ЕРУ ДІПФЕЙКІВ

Ганна ЧЕМЕРИС ✉

Запорізький національний університет, Україна

Anyta.Chemeris@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3417-9910>

АНОТАЦІЯ

Сучасність демонструє критичну потребу в педагогічному супроводі та розробці методології, яка підвищить критичне мислення в умовах зростаючого обсягу дезінформації та вдосконаленої медіаманіпуляції, особливо через застосування технології deepfake. У роботі акцентується увага на створенні комплексної структури для виявлення маніпульованого контенту, виявлення ознак, таких як пікселізація та ненатуральні вирази тощо. Зосереджуючи увагу на закордонних та українських зусиллях, робота підтримує проведення постійних досліджень, адаптованих до технологій, які розвиваються, для вдосконалення програм медіаграмотності для протидії новим формам дезінформації.

Постановка проблеми. Проблемою є термінова необхідність у комплексній методології, яка розвиває навички критичного мислення для протидії дезінформації та маніпуляціям штучно відтвореними медіаматеріалами, особливо в контексті нових технологій, таких як deepfakes. Виклик полягає в оцінці існуючих педагогічних підходів, вирішенні прогалин та забезпеченні навчальних закладів та вчителів інструментами для навігації в складнощах цифрової ери. Цифрова трансформація загалом та поширення штучного інтелекту для генерації медіа, зокрема, є невідворотними процесами в сучасному світі, тому термінове питання, враховуючи виклики цифрової економіки та потреби цифрового суспільства, - знаходження форм, методів та засобів формування критичного мислення громадян для протидії маніпуляціям та дезінформації з боку медіаматеріалів, які відтворюються штучно. Для вирішення окреслених проблем є необхідним напрацювання бази даних з систематизованими матеріалами з категоризацією за виявленими маркерами для подальшого створення тренінгового матеріалу.

Матеріали та методи. Для вирішення завдань, поставлених у дослідженні, застосовано комплексний підхід, який об'єднує загальні (системний, інструментальний та функціональний підходи, діалектичний та порівняльний аналіз, синтез та систематизація для вивчення педагогічної, науково-технічної та методологічної літератури), специфічні (спостереження та аналіз навчально-виховної практики) та загально-логічні методи (екстраполяція, індукція та дедукція для формулювання висновків) у науковому дослідженні. Це дозволило досліджувати поточний стан, оцінювати практичні результати впровадження розробленої методології формування критичного мислення та визначати пріоритетні шляхи удосконалення освіти в контексті стратегії підвищення медіаграмотності та критичного мислення серед населення та науки. Робота мала на меті визначити пріоритетні напрямки в рамках розробки методології критичного мислення та педагогічної підтримки для протидії дезінформації та маніпуляціям зі штучно відтвореними медіаматеріалами та науково характеризувати її потенціал. Розробка методології критичного мислення та педагогічної підтримки для протидії дезінформації та маніпуляцій зі штучно відтвореними медіаматеріалами потребує наступних матеріалів: науково-технічна література (матеріали, що пропонують наукове розуміння технічних аспектів, пов'язаних із створенням, модифікацією та відтворенням медіаматеріалів), методична література (посібники та методології, спрямовані на розробку навчальних рамок та стратегій для підвищення критичного мислення в контексті медіаграмотності), штучно відтворені медіаматеріали (медіаматеріали, особливо в контексті нових технологій, таких як deepfake, для виявлення ознак модифікації).

Результати. Дослідження присвячене аналізу, визначенню та систематизації ознак та сигналів для ідентифікації медіаманіпуляції з метою створення бази даних для методології у вигляді методичних карток. Розробляється комплексна база даних із класифікацією, зосереджена на методичних інтерактивних картках із 66 керованими випадками діпфейків та синтетично відтворених медіа (українською мовою). Ця ініціатива має на меті надати педагогам, дослідникам і учням універсальний ресурс для розуміння викликів, які створюють маніпульовані ЗМІ.

Висновки. У відповідь на загострену загрозу дезінформації та вдосконаленої медіаманіпуляції є критична необхідність термінового розроблення міцної методології для розвитку навичок критичного мислення. Дослідження підкреслює глобальні турботи щодо хибної інформації, особливо через технологію deepfake, яка піддає сумніву громадську довіру та уможливорює психологічну маніпуляцію. Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на перегляд програм медіаграмотності для підвищення критичного мислення громадян у зоні зростаючих можливостей штучного інтелекту у генерації медіаматеріалів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: технологія deepfake; штучний інтелект; генеративні зображення; дезінформація; медіаграмотність; критичне мислення; цифровізація; інформаційна війна; громадська освіта; штучно відтворені медіаматеріали.

INTRODUCTION

Problem statement. To investigate the current state and problems of the Deepfakes, as well as to present the results of the study and the effectiveness of the implementation of the methodology for the formation of critical thinking of citizens. In the contemporary landscape marked by the proliferation of disinformation and the sophisticated manipulation of media content, there exists a pressing need for the formulation and implementation of a robust methodology aimed at nurturing critical thinking skills. The challenge lies in developing a comprehensive pedagogical framework that not only equips individuals with the ability to discern manipulated media content but also addresses the evolving landscape of artificially reproduced content, such as deepfakes. This necessitates a thorough examination of existing pedagogical, scientific-technical, and methodological approaches to identify gaps and formulate an effective strategy. Additionally, understanding and mitigating the impact of disinformation on educational practices and broader societal contexts is crucial. The problem at hand, therefore, centers on devising a methodology that not only empowers learners with critical thinking skills but also provides educators with the tools and support needed to navigate the challenges posed by the manipulation of media content in the digital age.

Analysis of recent research and publications. Numerous foreign scientists such as Anwar S., Anwer M., Banihirwe A., Bates M., have studied the technologies of synthetic reproduction of mediacontent with the help of modern ICT and artificial intelligence Milanova M. and others. Foreign scholars such as Aldwairi M., Alwahedi A., Anderson K. E., Atodiresei C.-S., Tănăselea A., Iftene A., Figueira A., Oliveira L. and others, have studied the manipulation of the media with the help of falsified visual content. Among domestic scholars, who viewed various aspects of the issue of the role of media and media education in modern educational space, presented significant achievements Ivanova V., Isaeva O., Mokogoz O., Naidionova L., Onkovich G., Cherepovsky N., Thaninin N., Kozak T. et al.

In recent times, the rise of false information has become a serious concern for public discourse, human society, education, and democracy (Borges et al., 2019; Qayyum et al, 2019; Chemerys et al, 2021a,b,c; Chemerys & Ponomarenko, 2023; Chemerys & Kardashov, 2022; Chemerys, 2023). Fake news refers to deliberately created news-style content with the aim of deceiving the public (Aldwairi & Alwahedi, 2018; Jang & Kim, 2018). This misleading information spreads through social networks, crossing geographical boundaries and potentially affecting millions of users (Figueira & Oliveira, 2017). The growing popularity of video content highlights the need for strategies that promote critical thinking among the public to verify the authenticity of media and news, especially with new technologies allowing highly convincing manipulation of visual information (Anderson, 2018). We are currently in an era marked by digital disinformation and information warfare, involving orchestrated campaigns of false information to influence public opinion (Anderson, 2018; Qayyum et al., 2019; Zannettou et al., 2019). Recent technological advancements have simplified the creation of visual content through the use of "Deepfake" technology, resulting in the production of hyperrealistic visual content through face swaps that are nearly indistinguishable from authentic material (Chawla, 2019; Maras & Alexandrou, 2019). Deepfake technology has the potential to generate various types of content, such as humor, pornography, or political videos, wherein individuals seem to say things without their consent, with their images and voices manipulated (Day, 2019; Fletcher, 2018). Importantly, Deepfake technology poses a significant threat due to its ability to create counterfeit visual content for purposes including political sabotage, manufacturing video evidence for legal proceedings, spreading terrorist propaganda, facilitating blackmail, manipulating financial markets, and disseminating fake news (Maras & Alexandrou, 2019). Due to the psychological characteristics of a person, after seeing with one's own eyes, trust is instilled, which creates a basis for manipulation of consciousness through misinformation by means of synthetically reproduced mediacontent using deepfake technology and others.

Objective: To study the current state and problems of combating "dipfakes" to identify signs and markers of modifications in media content to create a database of training cards for the methodology of critical thinking and pedagogical support to counteract disinformation and manipulation of artificially reproduced media content of citizens.

THEORETICAL GROUNDS OF THE STUDY

To strengthen the fight against misinformation, the European Commission will focus its efforts on revising the Code of Practice on Disinformation in the system of regulation of obligations and accountability of Internet platforms in accordance with the future Digital Services Act. In general, the European Commission aims to introduce tools that would increase the responsibility of the media and the beneficiaries of information campaigns for the dissemination of misinformation. Urgency of the problem is confirmed by a number of normative and legislative documents aimed at regulating measures to ensure national information security and the right to access reliable information. The main requirements for the introduction and development of information, telecommunications and media technologies in Ukraine are contained in the Strategy for the Development of the Information Society in Ukraine (2013). In order to counter hybrid threats and spread misinformation in Ukraine approved and implemented the cyber security strategy of Ukraine for 2021-2025 "Safe cyberspace - the key to successful development of the country"; National Security Strategy of Ukraine and the Law of Ukraine "On National Security" (2020). In particular, on July 15, 2021, representatives of state authorities of Ukraine and the delegation of foreign states to the OSCE discussed the fight against misinformation and information security, during which the best world practices of protecting society from the harmful effects of misinformation and other hybrid tools were discussed. In particular, a number of foreign regulations have been formulated, such as the Code of European Union Practice Regarding Disinformation (2018), and the European Commission has adopted a "Joint Framework on Counter-Hybrid Response". a European Union response, 2016).

Modern Ukrainian educational practice has begun the active implementation of the course of media education and media literacy in educational institutions (letter of the MES of Youth Sports of Ukraine No. 1/9 of March 29, 2013). "On the introduction of the study of the course" Fundamentals of media literacy in educational institutions"). Leading ideas and formulations of the problem of introducing media literacy in Ukrainian society are currently being actively developed within the project "Study and distinguish: Information Media Literacy", implemented by the Council for International Research and

Exchanges (IREX) with the support of the Embassy of the United States of America and the Embassies of the United Kingdom and Ukraine, in partnership with the Ministry of Education and Science of Ukraine and the Ukrainian Press Academy.

Most domestic studies, despite their undoubted significance and practical value, cover the issue of misinformation in the media through text or verbal messages, bypassing the precedents of falsification of visual information, namely video and photo content, or covering this issue superficially and insufficiently.

The applied problem of the project is determined by the need for a comprehensive approach to the study of modern Ukrainian media landscape on the subject of misinformation by means of synthetically reproduced mediacontent, meaningful and structured analysis of results to develop scientifically sound methodology for critical thinking and psychological and pedagogical support of society (Chemerys, 2024). Research of their psychological influence on society for the development, practical application, testing and scaling of tools that form and develop the skills of critical thinking of society to counteract information manipulation by means of synthetically reproduced mediacontent.

Within the project, testing of the system of development of critical thinking and psychological and pedagogical support to counteract misinformation and manipulation of synthetically reproduced mediacontent will be carried out in a mixed (face-to-face) form.

METHODS OF RESEARCH

To solve the tasks set in the research, a comprehensive approach was employed, combining general (systemic, instrumental, and functional approaches, dialectical and comparative analysis, synthesis, and systematization for the study of pedagogical, scientific-technical, and methodological literature), specific (observation and analysis of educational practices), and general-logical methods (extrapolation, induction, and deduction for formulating conclusions) in scientific research. This allowed for the examination of the current state, evaluation of the practical results of implementing the developed methodology for critical thinking formation, and identification of priority avenues for improving education in the context of the strategy to enhance media literacy and critical thinking among the population and science. The study aimed to determine priority pathways within the framework of the development of methodology of critical thinking and pedagogical support to counteract disinformation and manipulation of artificially reproduced media content and to scientifically characterize its potential.

RESULTS OF THE RESEARCH

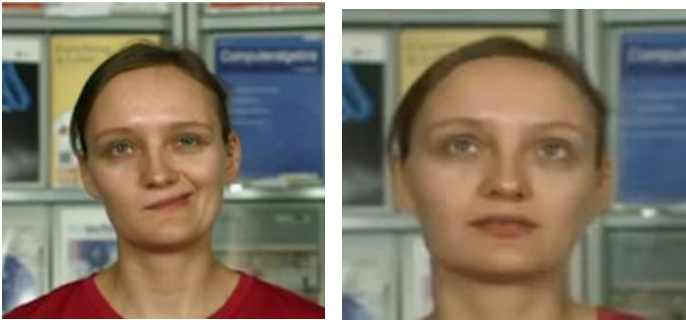
The growing concern over the erosion of public trust in visual content has underscored the urgent need for the development of critical thinking skills. This imperative arises as a crucial defense against the pervasive threat of misinformation within the realm of visual media, emphasizing the pivotal role of fostering a robust level of critical thinking for ensuring societal resilience against cyber threats. This is particularly pertinent to counteracting the detrimental impact of misinformation on the sustainable development of Ukraine. It is noteworthy that even high-quality deepfakes, extensively employed in the film industry and advertising, fall short in achieving complete naturalness or realism. The subtlest deviations from natural appearance and behavior can evoke anxiety and aversion in viewers, a phenomenon known as the uncanny valley effect.

Consequently, when scrutinizing a suspicious video, particular attention should be directed towards the primary object of manipulation, typically the face. To establish a comprehensive database of methodological materials, an exhaustive examination of existing markers of image tampering was conducted. This meticulous study aimed at identifying and cataloging the distinctive signs indicative of manipulated visual content. By leveraging this research, we seek to contribute to the development of effective tools and strategies for discerning synthetic media, further fortifying the foundation of critical thinking in our society.

To create the database with methodological materials, we conducted a thorough study of existing markers of image tampering (Table 1).

Table 1. Signs and markers of modifications in media content

Signs	Description	Samples
For static mediacontent		
High quality with perfect hair and skin	Unnatural perfection in visual elements like hair and skin, indicating potential manipulation	

Signs	Description	Samples
Attention to body	AI struggles with basic anatomical features, such as counting fingers on a hand, due to challenges in understanding human anatomy and variations in hand images from different angles. This leads to random and inaccurate results, with hands appearing disproportionately sized, fingers too long, and joints bent unnaturally, unclear or multiple finger counts.	
Unreadable text	AI learn to recognize specific images, but do not analyze the content	
For dynamic mediacontent		
Unnatural facial expressions. Fuzzy inside of the mouth	Anomalies in facial expressions, especially during blinking, eyebrow, and lip movements. Imperfect representation of the oral cavity, affecting clarity of teeth and tongue images	
Excessive pixelation, defects, fuzzy and blurred image	Signs of manipulated visual content, including pixelation, defects, and blurred or duplicated elements	

Signs	Description	Samples
Blurry outlines, Flickering of the face	Indication of unclear or inconsistent boundaries in the visual content notice the flickering of the face (transitions between the face, neck and hair, which are not always organically combined with each other)	Real  DeepFake 
Low video quality	Often used to conceal flaws in neural network operation	 
Differences in body type, hairstyle, voice.	Discrepancies between the replaced face and the original body, including variations in shadows, lighting, and skin tone. Face replacements are common, and mismatches in skin color and features may reveal manipulation	SOURCE: ZELENSKYI UKRAINIAN PRESIDENTIAL PRESS OFFICE  SOURCE: TWITTER ORIGINAL VIDEO CREATOR: UNKNOWN 
Realtime mediacontent		
Profile trick for safety	Dipfake algorithms are not designed to create an image in profile simply because they don't need it - during a conversation it is customary to look at the person you are talking to. Therefore, a request to turn the neck 90° will destroy the realistic illusion. Or the appearance of an object between the camera and the face (for example, a hand)	  

Source: Own work

DISCUSSION

Based on the research, the following discussion topics encompassing different viewpoints can be identified. One perspective underscores the importance of integrating critical thinking and media literacy education into formal curricula at different educational levels. This proactive approach aims to equip individuals with the skills needed to discern and combat disinformation effectively. In future research, we consider the exploration of a multidisciplinary approach, involving collaboration among educators, technologists, psychologists, and policymakers. This collaboration is viewed as crucial for the development of

a comprehensive methodology that addresses the multifaceted challenges associated with disinformation and outlines prospects for expanding opportunities for both teachers and students. An important direction for future studies is seen in global collaboration to establish standardized frameworks for ensuring the coherence of critical thinking methodologies, recognizing the interconnected and dynamic nature of the digital landscape. To investigate the potential long-term societal impact of implementing the methodology, determining factors such as increased resilience to misinformation and the activation of civic engagement to preserve democratic principles is essential.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

In light of the contemporary proliferation of disinformation and the increasing sophistication of media manipulation, the urgency of developing a robust methodology for fostering critical thinking skills is evident. The analysis of recent research underscores the global concern over false information, notably through deepfake technology, which poses a serious threat to public trust and opens avenues for psychological manipulation. The tasks set in the research lies in addresses the evolving landscape of artificially reproduced content, particularly deepfakes but also creating a comprehensive pedagogical framework that not only equips individuals with the ability to discern manipulated media content. The theoretical grounds of the study reveal the global efforts to combat misinformation, with a focus on revising regulations and introducing tools to increase media responsibility. In Ukraine, legislative documents emphasize the importance of media literacy and information security in countering hybrid threats. The applied problem emphasizes the need for a comprehensive approach to studying misinformation through synthetically reproduced media content. The results highlight the crucial role of developing critical thinking skills to counter misinformation in visual media. While recognizing the challenges posed by high-quality deepfakes, the study identifies signs such as pixelization, blurry outlines, unnatural facial expressions, and differences in body type for their identification. Thorough testing of the methodology, focusing on markers of image tampering, has been conducted. Practical tools for recognizing deepfakes, including attention to visual details, sound synchronization, and playback speed, are crucial for safeguarding against online deception. The study underscores the need for continued research and adaptation of strategies to emerging technologies to ensure societal resilience against misinformation.

Further research should focus on revising existing media literacy training programmes to update and improve the level of critical thinking of citizens, taking into account digital transformation and the spread of artificial intelligence capabilities for generating media content. As further prospects are improvement of existing methodical material from a systematized database and formation of interactive methodological interactive cards; supplementing each case with learning resources for deeper research; complementing different scenarios, including applications in different industries, societal impacts, detection strategies, ethical considerations and legal implications; English translation.

FUNDING

The work is performed within the research CEFRES, UAR 3138 CNRS–MEAE. Research topic «Development of Methodology of Critical Thinking and Pedagogical Support to Counteract Disinformation and Manipulation of Artificially Reproduced Media Content» (2023).

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Aldwairi, M., & Alwahedi, A. (2018). Detecting fake news in social media networks. *Procedia Computer Science*, 141, 215-222.
2. Anderson, K. E. (2018). Getting acquainted with social networks and apps: combating fake news on social media. *Library Hi Tech News*.
3. Bezpechnyi kiberprostir - Kliuch do uspishnoho rozvytku krainy [SAfe Cyber Space - The Key to the Country's Successful Development] (n.d.). *Rada natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrayiny. Project "Cyber Security Strategy of Ukraine (2021-2025)"*. URL: https://www.rnbo.gov.ua/files/2021/STRATEGIYA%20KYBERBEZPEKI/proekt%20strategii_kyberbezpeki_Ukr.pdf. (in Ukrainian).
4. Borges, L., Martins, B., & Calado, P. (2019). Combining similarity features and deep representation learning for stance detection in the context of checking fake news. *Journal of Data and Information Quality (JDIQ)*, 11(3), 1-26.
5. Chawla, R. (2019). Deepfakes: How a pervert shook the world. *International Journal of Advance Research and Development*, 4(6), 4-8.
6. Chemerys, H. (2019). Reasoning the necessity of study basis of computer design by future bachelors in computer sciences. *European Journal of Humanities and Social Sciences*, 5, 52-55.
7. Chemerys, H. (2023). Truth & Trust in the Age of Deepfakes: Recognize & Overcome. *Ukrainian studies in the European context: coll. of science Ave.*, 7, 403-407. <https://doi.org/10.31110/2710-3730/2023-7>.
8. Chemerys, H. (2024). Enhancing Skills in Recognizing Synthetically Reproduced Media Content: Rationale for Developing an Educational Methodology. *Rajasthali Journal : Peer-Reviewed Multi-disciplinary Journal*, 3(2), 15-22. URL : <https://rajasthali.marudharcollege.ac.in/papers/Volume-3/Issue-2/10-03.pdf>.
9. Chemerys, H., & Kardashov, M. (2022b). Dyzyruptywni tekhnolohii yak rushii tsyfrovoi transformatsii suchasnoi dyzain-osvity [Disruptive technologies as drivers of digital transformation of modern design education]. *Kulturolohichni ta pedahohichni problemy pidhotovky maibutnikh dyzaineriv – Cultural and pedagogical problems of training future designers. Poltava: Educational and Scientific Institute of Culture and Arts*, 126-171. (in Ukrainian).
10. Chemerys, H., & Ponomarenko, O. (2023). Opportunities and Prospects for Personalizing the User Interface of the Educational Platform in Accordance with the Personality Psychotypes. *Advances in Computational Design (ACD), An international Journal*, 7(2), 139-151. <https://doi.org/10.12989/acd.2022.7.2.139>.
11. Chemerys, H., Briantseva, H., & Briantsev, O. (2021a). The Urgency of the Problem Synthetically Reproduced Media Content. In *International scientific conference «Interaction of culture, science and art in terms of moral development of modern European society»* (pp. 85-88). Riga, Latvia: «Baltija Publishing». <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-178-7-20>.
12. Chemerys, H., Briantseva, H., & Briantsev, O. (2021b). Shliakhy vdoskonalennia dyzain-osvity u konteksti stratehii tsyfrovoi transformatsii osvity i nauky Ukrainy [Ways to improve design education in the context of the strategy of digital transformation of education and science of Ukraine]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 32(6), 49-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-032-6-008>. (in Ukrainian).

13. Chemerys, H., Vynogradova, A., Briantseva, H., & Sharov, S. (2021c). Strategy for Implementing Immersive Technologies in the Professional Training Process of Future Designers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1933, art. no. 012046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012046>.
14. Council for International Research and Exchanges (IREX). "Study and distinguish: Information Media Literacy". URL: <https://www.irex.org/project/strengthening-media-literacy-ukrainian-education-system>.
15. Day, C. (2019). The future of misinformation. *Computing in Science & Engineering*, 21(1), 108-108.
16. Decree of the President Of Ukraine No. 447/2021. (May 14, 2021). *Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy* "Pro Kiberbezpeku stratehii Ukrainy [On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine] On the Cybersecurity Strategy of Ukraine]. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/4472021-40013>. (in Ukrainian).
17. European Commission (2018). *Code of European Union Practice Regarding Disinformation*. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/2018-code-practice-disinformation>.
18. Figueira, Á., & Oliveira, L. (2017). The current state of fake news: challenges and opportunities. *Procedia Computer Science*, 121, 817-825.
19. Fletcher, J. (2018). Deepfakes, artificial intelligence, and some kind of dystopia: The new faces of online post-fact performance. *Theatre Journal*, 70(4), 455-471.
20. Iproov. (2022). How To Protect Against Deepfakes – Statistics and Solutions. *Deepfake Statistics & Solutions | Protect Against Deepfakes*. URL: <https://www.iproov.com/blog/deepfakes-statistics-solutions-biometric-protection>.
21. Jang, S. M., & Kim, J. K. (2018). Third person effects of fake news: Fake news regulation and media literacy interventions. *Computers in Human Behavior*, 80, 295-302.
22. Joint Communication to the European Parliament and the Council (2016). *Joint Framework on countering hybrid threats a European Union response*. Brussels. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016JC0018&from=ET>.
23. Letter of the MES of Youth Sports of Ukraine No. 1/9. (March 29, 2013). *Pro vvedennia navchannia kursu "Osnovy mediahramotnosti v navchalnykh zakladakh"* [On the introduction of the study of the course "Fundamentals of media literacy in educational institutions]. URL: <https://osvita.ua/legislation/other/35473/>. (in Ukrainian).
24. Maras, M. H., & Alexandrou, A. (2019). Determining authenticity of video evidence in the age of artificial intelligence and in the wake of deepfake videos. *The International Journal of Evidence & Proof*, 23(3), 255-262.
25. Masood, M., Nawaz, M., Malik, K. M., Javed, A., Irtaza, A., & Malik, H. (2023). Deepfakes generation and detection: State-of-the-art, open challenges, countermeasures, and way forward. *Applied Intelligence*, 53(4), 3974-4026. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03766-z>.
26. Qayyum, A., Qadir, J., Janjua, M. U., & Sher, F. (2019). Using blockchain to rein in the new post-truth world and check the spread of fake news. *IT Professional*, 21(4), 16-24.
27. Verkhovna Rada of Ukraine (May 15, 2013). *Pro zatverdzhennia stratehii rozvytku informatsiinoho suspilstva v Ukraini* [On the Approval of the Information Society Development Strategy in Ukraine]. Law No. 386-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/386-2013-p>. (in Ukrainian).
28. Verkhovna Rada of Ukraine (September 14, 2020). *Stratehiia natsionalnoi bezpeky Ukrainy*. "Liudyna bezpeky - Bezpeka krainy" [National security strategy of Ukraine. "Human Security - Country Security"]. Decree of the President Of Ukraine No. 392/2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020>. (in Ukrainian).
29. Zannettou, S., Sirivianos, M., Blackburn, J., & Kourtellis, N. (2019). The Web of False Information: Rumors, FakeNews, Hoaxes, Clickbait, and Various Other Shenanigans, *J. Data and Information Quality*, 11, 3, Article 10. <https://doi.org/10.1145/3309699>.

Text of the article was accepted by Editorial Team 19.11.2023



АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Б	Микитенко П.	35
Бобрицька О.	П	
В	Подласов С.	43
Васьковська О.	Пожидаєв С.	49
Віра М.	Покришень О.	56
Г	С	
Галицький О.	Самусенко П.	14
Д	Соя О.	21
Долянівська О.	Ф	
К	Фурсенко О.	64
Коваль Д.	Ч	
Ковтонюк М.	Чемерис Г.	71
М	Черновол Н.	64
Мар'єнко М.	Ш	
Матвійчук О.	Школьний О.	8

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Key title: Fiziko-matematična osvita

Abbreviated key title: Fiz.-mat. osv.

Том 39, № 1

2024

Друкується в авторській редакції
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск

О.В. Семеніхіна

Комп'ютерна верстка

О.М. Удовиченко

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22304 – 12204Р від 29.08.2016 р.

Фізико-математичний факультет
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка
вул. Роменська, 87
м. Суми, 40002
тел. (0542) 68 59 10

<https://fmo-journal.org/>