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, № 5

Суми – 2024

Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол № 4 від 25.11.2024 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. Лаврентьєва	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. Школьний	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. Шамоня	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 39, № 5. 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. 59 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 індексуються 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

© СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2024

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 5

Sumy – 2024

**Recommended for publication of the Academic Council
of Makarenko Sumy State Pedagogical University
(protocol No 4 from 25.11.2024)**

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. Osypova	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 4. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2024. 59 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

© Makarenko Sumy State Pedagogical University, 2024

ЗМІСТ

Бобрицька Г., Черновол Н. 7
ІНТЕГРОВАНЕ ЗАНЯТТЯ З МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРКОВСЬКОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ ЛАНЧЕСТЕРА ТА ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ В MATLAB 7

Гілл Дж. 14
ОЦІНЮВАННЯ АНГЛІЙСЬКОГО ПИСЬМА НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ЗА КЛЮЧОВИМИ ПАРАМЕТРАМ 14

Даньків О., Столярчук І., Гольський В., Паньків Л., Угрин Ю., Лешко Р., Британ В., Кузик О. 20
ДОСЛІДНА ПЕРЕВІРКА ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ 20

Крамар С., Шишкіна М. 27
МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ARDUINO НА ПЛАТФОРМІ TINKERCAD У СЕРЕДОВИЩІ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ ВЧИТЕЛІВ.....27

Носенко Ю.....34
ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТРАДИЦІЙНОМУ ТА У ЗМІШАНОМУ НАВЧАННІ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АСПЕКТ.....34

Чкана Я., Мартиненко О. 41
КРИТИЧНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МИСЛЕННЯ В СТРУКТУРІ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ 41

Яськова Н., Лабжинський Ю.....46
РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ НАУКОВИХ І НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ 46

CONTENTS

Bobrytska H., Chernovol N. 7
AN INTEGRATED CLASS ON MATHEMATICAL MODELING OF A MARKOV PROCESS USING THE LANCHESTER MODEL AND ITS SOLUTION IN MATLAB 7

Hill J. 14
FUZZY-BASED ENGLISH WRITING WITH KEY-BASED ASSESSMENT 14

Dan'kiv O., Stolyarchuk I., Holskyi V., Pan'kiv L., Uhryn Yu., Leshko R., Brytan V., Kuzyk O. 20
EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE LAWS OF MOMENTUM AND ENERGY CONSERVATION IN THE SCHOOL COURSE OF PHYSICS USING COMPUTER SYSTEMS 20

Kramar S., Shyshkina M. 27
METHODICAL FEATURES OF THE USE OF ARDUINO ON THE BASE OF TINKRCAD PLATFORM IN THE PROCESS OF NON-FORMAL EDUCATION OF TEACHERS 27

Nosenko Yu. 34
IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN TRADITIONAL AND BLENDED LEARNING IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS: A COMPARATIVE ASPECT 34

Chkana Ya., Martynenko O. 41
CRITICAL AND MATHEMATICAL THINKING IN THE STRUCTURE OF MATHEMATICAL COMPETENCE OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS 41

Yaskova N., Labzhynskyi Yu. 46
DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCE AMONG RESEARCHERS AND EDUCATIONAL PROFESSIONALS THROUGH ELECTRONIC SOCIAL NETWORKS 46

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-01** УДК **519.8:519.217]:004.43**

ІНТЕГРОВАНЕ ЗАНЯТТЯ З МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРКОВСЬКОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ ЛАНЧЕСТЕРА ТА ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ В MATLAB

Галина БОБРИЦЬКА ✉
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна
bogalina31@ukr.net
https://orcid.org/0000-0003-2793-5108

Наталія ЧЕРНОВОЛ
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна
n.n.chernovol@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7988-7016

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Формування навичок застосування класичних математичних інструментів при розв'язанні реальних проблем є однією із задач викладання математичних дисциплін у ЗВО та ВВНЗ. Це вимагає постійного поповнення бази сучасних прикладних задач. Значна частина їх не має "красивих" розв'язків та вимагає застосування програмного забезпечення. Виникає проблема об'єднання теоретичної математичної бази, прикладного застосування та використання інформаційних технологій. Для цього доцільно проводити інтегровані заняття з математики, спеціальності та комп'ютерних наук.

Матеріали і методи. Для виконання дослідження використано стохастичний підхід до математичного моделювання бою, який полягає в побудові графу станів марковського процесу із вказанням інтенсивностей переходу від стану до стану та відповідної системи диференціальних рівнянь Колмогорова. Для побудови програми у системі MATLAB використано вбудовані функції для розв'язання диференціальних рівнянь з початковими умовами та для знаходження границь функцій.

Результати. В роботі надано розробку інтегрованого заняття професійного спрямування з математичного моделювання "високоорганізованого" бою Ланчестера. Детально описано розв'язання задачі стохастичним підходом для початкових значень у найпростішому випадку. Представлено рекомендації для самостійної побудови курсантами (студентами) алгоритму розв'язання в MATLAB для більш складних випадків.

Висновки. Проведення інтегрованого заняття підвищує зацікавленість курсантів у вивченні математики та застосуванні її інструментів у професійній діяльності. Детальний опис розв'язання розглянутої в роботі моделі Ланчестера можна використовувати для побудови та розв'язання подібних стохастичних моделей у військовій справі, економіці, інженерії та ін. Запропоноване інтегроване заняття може бути впроваджене при вивченні таких математичних дисциплін, як "Теорія ймовірностей", "Теорія випадкових процесів" та "Системи масового обслуговування".

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *модель Ланчестера; стохастичне моделювання; граф станів; рівняння Колмогорова; MATLAB; викладання.*

Для цитування:	Бобрицька Г., Черновол Н. Інтегроване заняття з математичного моделювання Марковського процесу з використанням моделі Ланчестера та її розв'язання в MatLab. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 7-13. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-01
	Бобрицька, Г., & Черновол, Н. (2024). Інтегроване заняття з математичного моделювання Марковського процесу з використанням моделі Ланчестера та її розв'язання в MatLab. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-01
For citation:	Bobrytska, H., & Chernovol, N. (2024). An integrated class on mathematical modeling of a Markov process using the Lanchester model and its solution in MatLab. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-01
	Bobrytska, H., & Chernovol, N. (2024). Intehrovane zaniattia z matematychnoho modeliuvannia Markovskoho protsesu z vykorystanniam modeli Lanchestera ta yii rozviazannia v MatLab [An integrated class on mathematical modeling of a Markov process using the Lanchester model and its solution in MatLab]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 7-13. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-01

✉ Corresponding author
© H. Bobrytska, N. Chernovol, 2024

AN INTEGRATED CLASS ON MATHEMATICAL MODELING OF A MARKOV PROCESS USING THE LANCHESTER MODEL AND ITS SOLUTION IN MATLAB

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

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

ABSTRACT

Formulation of the problem. The development of skills in applying classical mathematical tools to solve real problems is one of the tasks of mathematical disciplines in higher education. It requires a constant replenishment of the base of modern applied problems. A significant portion of these problems do not have “elegant” solutions and require the use of software. This creates the challenge of integrating the theoretical mathematical foundation, practical application, and the use of information technology. To address this, it is advisable to conduct integrated classes that include mathematics, the speciality, and computer science.

Materials and methods. To conduct the research, a stochastic approach to mathematical modelling of combat was used (a state-transition rate diagrams of a Markov process with specified transition intensities, a system of Kolmogorov differential equations). Programs were created in the MATLAB system using built-in functions for solving differential equations with initial conditions and for finding function limits.

Results. The paper presents the integrated class on mathematical modelling of the "highly organized" Lanchester battle with professional course. The solution of the problem by a stochastic approach for initial values in the simplest case is described in detail. Recommendations are presented for cadets (students) to independently build a solution algorithm in MATLAB for more complex cases.

Conclusions. Conducting an integrated lesson increases the interest of cadets in studying mathematics and applying its tools in professional activities. A detailed description of the solution of the Lanchester model considered in the work can be used to build and solve similar stochastic models in military affairs, economics, engineering, etc. The paper presents a description of an integrated class on combat modelling, which can be implemented in the study of “Probability Theory”, “Theory of Random Processes”, and “Queueing Systems”.

KEYWORDS: *Lanchester model; stochastic modelling; state-transition diagram; Kolmogorov equations; MATLAB; teaching.*

ВСТУП

Постановка проблеми. При підготовці майбутніх фахівців ВВНЗ курсанти, з одного боку, мають отримати класичні знання з математики, з іншого, навчитися їх застосовувати до розв’язання задач професійного спрямування, використовуючи сучасні інформаційні технології (ІТ). Застосування до розв’язання задачі методів з різних дисциплін сприяє кращому засвоєнню матеріалу, у тому числі більш глибокому розумінню постановки задачі і аналізу результатів розв’язання. Інтегровані заняття висвітлені в літературі здебільшого для шкільної освіти. Для вищої освіти, особливо для викладання у ВВНЗ з точки зору професійноспрямованих задач, літератури недостатньо. Тому автори своєю роботою заповнюють прогалину в базі існуючих розробок інтегрованих занять, що поєднують професійні знання та знання з дисциплін “Теорія ймовірностей”, “Диференціальні рівняння”, “Комп’ютерна математика”.

Аналіз актуальних досліджень. Комп’ютерізація суспільства приводить до проникнення ІТ в усі аспекти навчального процесу (Співаковський, 2003). Сьогодні педагог може користуватися широким спектром методів і форм навчання із підтримкою відповідних засобів ІТ. Для візуалізації, складних обчислень, моделювання та симуляції при викладанні математичних дисциплін використовують такі програмні засоби, як Maple (Михалевич, 2004), Geogebra (Віра & Самусенко, 2024), MathCAD (Халанчук, 2021), MATLAB (Ванг, 2024) та ін. Ці програмні засоби майбутні фахівці зможуть використовувати і для розв’язання професійних завдань.

До професійних завдань офіцерів входить прогнозування та планування бойових дій на тактичному і стратегічному рівнях. Для цього використовують різні моделі бойових дій, серед них і моделі Ланчестера (Шафер, 1968). До моделювання бойових дій застосовують детермінований та стохастичний підходи (Веса, 2015). Найбільш реалістичними вважаються стохастичні моделі, бо вони враховують випадковість процесу (Томас, 2000). Проте складність їх побудови та подальше обчислення змушує на практиці використовувати детерміновані моделі (Армстронг, 2011). У роботі (Фурсенко та ін., 2024) представлена модель Ланчестера для "поганоорганізованого" бою. Як видно з цієї роботи, розв’язання стохастичної моделі бойових дій є доволі громіздким, тому доцільно навчити майбутніх офіцерів виконувати його за допомогою програмного забезпечення.

Отже, враховуючи важливість розв’язання професійних задач із застосуванням комп’ютерних технологій для підготовки майбутніх офіцерів та маючи достатній науковий наробок з побудови стохастичних моделей бойових дій і відсутність програмних реалізацій цих моделей, була поставлена наступна мета.

Мета: запропонувати методику проведення інтегрованого заняття з моделювання "високоорганізованого" бою Ланчестера за допомогою математичного пакету MATLAB.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання дослідження використано стохастичний підхід до математичного моделювання бою, який полягає в побудові графу станів марковського процесу із вказанням інтенсивностей переходу від стану до стану та відповідної системи диференціальних рівнянь Колмогорова. Для побудови програми у системі MATLAB використано вбудовані функції для розв'язання диференціальних рівнянь з початковими умовами та для знаходження границь функцій.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В даній роботі пропонується наступний план проведення заняття (без організаційної та заключної частин):

1. Ознайомлення курсантів (студентів) з моделлю Ланчестера "високоорганізованого" бою.
2. Створення разом із курсантами стохастичної моделі.
3. Підготовка до самостійної роботи курсантів (студентів), під час якої вони отримують рекомендації щодо особливостей побудови алгоритму розв'язання поставленої задачі.
4. Реалізація курсантами (студентами) задачі в MATLAB.

Постановка задачі. Відбувається бій між стороною 1 і стороною 2. Сторона 1 має N_1 однорідних бойових одиниць з ефективними скорострільностями α_1 кожна, сторона 2 має N_2 однорідних бойових одиниць з ефективними скорострільностями α_2 кожна. Одним пострілом можна знешкодити не більше, ніж одну одиницю противника. Інформація про знищення бойової одиниці поступає миттєво, тому такий бій називається "високоорганізованим". Потрібно визначити, яка сторона переможе у такому бої, з якою ймовірністю та скільки бойових одиниць залишиться неушкодженими.

Для викладання майбутнім фахівцям розглянемо випадок $N_1 = N_2 = 2$ докладно. Використаємо стохастичний підхід. Побудуємо модель процесу. Нехай S_{ij} – стан системи, при якому у сторони 1 – i неушкоджених одиниць, у сторони 2 – j неушкоджених одиниць. Вважається, що в системі $S = \{S_{ij}\}$ протікає марковський процес з дискретною множиною станів і неперервним часом. P_{ij} – ймовірність того, що в момент часу t система S знаходиться в стані S_{ij}. Розглянемо граф станів системи на рис. 1 (з вказанням інтенсивностей при переході від одного стану системи до іншого).

Рис.1. Граф станів системи з вказанням інтенсивностей

Джерело: авторська розробка.

Головна мета на цьому етапі – навчити курсантів за графом виписувати систему диференціальних рівнянь Колмогорова, більш того закріпити методи розв'язання диференціальних рівнянь першого порядку. Виходячи з вказаного графа (рис.1) система диференціальних рівнянь Колмогорова має вигляд:

$$\begin{cases} P'_{22}(t) = -(2\alpha_1 + 2\alpha_2)P_{22}(t), \\ P'_{12}(t) = -(\alpha_1 + 2\alpha_2)P_{12}(t) + 2\alpha_2 P_{22}(t), \\ P'_{21}(t) = -(2\alpha_1 + \alpha_2)P_{21}(t) + 2\alpha_1 P_{22}(t), \\ P'_{11}(t) = -(\alpha_1 + \alpha_2)P_{11}(t) + \alpha_1 P_{12}(t) + \alpha_2 P_{21}(t), \\ P'_{02}(t) = 2\alpha_2 P_{12}(t), \\ P'_{01}(t) = \alpha_2 P_{11}(t), \\ P'_{20}(t) = 2\alpha_1 P_{21}(t), \\ P'_{10}(t) = \alpha_1 P_{11}(t). \end{cases} \quad (1)$$

Початкові умови: $P_{22}(0) = 1, P_{ij}(0) = 0$ при $i + j < 4$.

Розв'яжемо кожне рівняння системи диференціальних рівнянь (1) з урахуванням початкових умов.

1. Перше рівняння є рівнянням з відокремленими змінними відносно невідомої $P_{22}(t)$. Розв'язок задачі Коші:

$$P_{22}(t) = e^{-(2\alpha_1 + 2\alpha_2)t}. \quad (2)$$

2. Підставимо знайдений розв'язок (2) у друге рівняння системи (1) та отримаємо лінійне неоднорідне рівняння першого порядку відносно невідомої $P_{12}(t)$. Розв'язавши рівняння методом Лагранжа, отримаємо:

$$P_{12}(t) = \frac{2\alpha_2}{\alpha_1} e^{-(\alpha_1 + 2\alpha_2)t} - \frac{2\alpha_2}{\alpha_1} e^{-(2\alpha_1 + 2\alpha_2)t}. \quad (3)$$

3. Аналогічно другому пункту розв'яжемо задачу Коші для знаходження $P_{21}(t)$:

$$P_{21}(t) = \frac{2\alpha_1}{\alpha_2} e^{-(2\alpha_1 + \alpha_2)t} - \frac{2\alpha_1}{\alpha_2} e^{-(2\alpha_1 + 2\alpha_2)t}. \quad (4)$$

4. Знайдемо $P_{11}(t)$ методом Лагранжа, підставивши виведені раніше $P_{12}(t)$ та $P_{21}(t)$ у четверте рівняння системи (1):

$$P_{11}(t) = 2e^{-(2\alpha_1+2\alpha_2)t} - 2e^{-(\alpha_1+2\alpha_2)t} - 2e^{-(2\alpha_1+\alpha_2)t} + 2e^{-(\alpha_1+\alpha_2)t}. \quad (5)$$

5. Розв'язки з відповідними початковими умовами останніх чотирьох рівнянь системи (1) є ймовірностями крайніх станів системи в момент часу t. Підставляючи в ці диференціальні рівняння розв'язки (2)-(5), отримаємо рівняння, інтегруючи які знайдемо:

$$P_{02}(t) = -\frac{2{\alpha_2}^2}{\alpha_1(\alpha_1+\alpha_2)}e^{-(2\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{4{\alpha_2}^2}{\alpha_1(\alpha_1+2\alpha_2)}e^{-(\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{2{\alpha_2}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)}, \quad (6)$$

$$P_{01}(t) = -\frac{\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}e^{-(2\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{2\alpha_2}{\alpha_1+2\alpha_2}e^{-(\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{2\alpha_2}{2\alpha_1+\alpha_2}e^{-(2\alpha_1+\alpha_2)t} - \\ -\frac{2\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}e^{-(\alpha_1+\alpha_2)t} + \frac{3\alpha_1{\alpha_2}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}, \quad (7)$$

$$P_{20}(t) = -\frac{4{\alpha_1}^2}{\alpha_2(\alpha_1+\alpha_2)}e^{-(2\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{4{\alpha_1}^2}{\alpha_2(2\alpha_1+\alpha_2)}e^{-(2\alpha_1+\alpha_2)t} + \frac{2{\alpha_1}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}, \quad (8)$$

$$P_{10}(t) = -\frac{\alpha_1}{\alpha_1+\alpha_2}e^{-(2\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{2\alpha_1}{\alpha_1+2\alpha_2}e^{-(\alpha_1+2\alpha_2)t} + \frac{2\alpha_1}{2\alpha_1+\alpha_2}e^{-(2\alpha_1+\alpha_2)t} - \\ -\frac{2\alpha_1}{\alpha_1+\alpha_2}e^{-(\alpha_1+\alpha_2)t} + \frac{3{\alpha_1}^2\alpha_2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}. \quad (9)$$

Система (1) є розв'язаною. Розглянемо границі ймовірностей станів (6)-(9) при $t \to +\infty$ та отримаємо ймовірності кінцевих станів системи наприкінці бою:

$$P_{02}(\infty) = \frac{2{\alpha_2}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)}, \quad (10)$$

$$P_{01}(\infty) = \frac{3\alpha_1{\alpha_2}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}, \quad (11)$$

$$P_{20}(\infty) = \frac{2{\alpha_1}^2}{(\alpha_1+\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}, \quad (12)$$

$$P_{10}(\infty) = \frac{3{\alpha_1}^2\alpha_2}{(\alpha_1+\alpha_2)(\alpha_1+2\alpha_2)(2\alpha_1+\alpha_2)}. \quad (13)$$

Вважається, що в системі відбувається випадковий процес. Це означає, що число бойових одиниць, які залишаться неушкодженими, є випадковою величиною. Отже, важливими характеристиками бою є середні значення кількості неушкоджених бойових одиниць кожної сторони:

$$M_1 = P_{10}(\infty) + 2P_{20}(\infty), \qquad M_2 = P_{01}(\infty) + 2P_{02}(\infty)$$

та ймовірностей перемоги сторони 1 і 2 відповідно:

$$P_1 = P_{10}(\infty) + P_{20}(\infty), \qquad P_2 = P_{01}(\infty) + P_{02}(\infty).$$

Наприклад, розглянемо результати бою для $\alpha_1 = 0{,}1, \alpha_2 = 0{,}8\ \left(\frac{\text{постр}}{\text{хв}}\right)$. Підставивши ці значення у формули (10) – (13) отримаємо $P_{20}(\infty) \approx 0{,}837, P_{10}(\infty) \approx 0{,}125, P_{02}(\infty) \approx 0{,}022, P_{01}(\infty) \approx 0{,}016$. Відповідно

$$M_1 \approx 1{,}8, M_2 \approx 0{,}06, P_1 \approx 0{,}96, P_2 \approx 0{,}04.$$

Отже, сторона 1 переможе з імовірністю 0,96, залишиться неушкодженою приблизно одна бойова одиниця.

Зауважимо, що у курсантів виникають труднощі, яким способом розв'язати дану систему диференціальних рівнянь. Тому потрібно їх навести на думку, що система розв'язується поступово: спочатку перше рівняння з відповідною початковою умовою, потім результат розв'язання треба підставити в друге рівняння і його розв'язати і так далі. Крім того, курсанти не одразу бачать тип рівняння, оскільки вони звикли в курсі "Диференціальні рівняння" невідому функцію позначати $y(t)$. Тому при з'ясуванні типу рівнянь можна тимчасово невідому ймовірність позначити $y(t)$, а потім після розв'язання рівняння повернутися до позначення невідомої ймовірності стану системи. Для спрощення розв'язання системи (1) доцільно одразу запропонувати розв'язати її для конкретних значень скорострільностей обох сторін. В роботі наведено загальні формули для обчислення ймовірностей станів системи і ймовірностей кінцевих станів системи, щоб можна було робити перевірку результатів для різних значень скорострільностей. Крім того, для курсантів неочевидні формули підрахунку кількостей неушкоджених бойових одиниць кожної сторони в кінці бою і формули підрахунку ймовірностей перемоги обох сторін. Для цього доцільно нагадати їм матеріал про розподіл двовимірної випадкової величини.

Розв'язання задачі на папері показало, що для отримання остаточного результату потрібно знайти ймовірності всіх станів, тобто розв'язати $(N_1+1)\times(N_2+1)-1$ диференціальних рівнянь першого порядку. Разом з курсантами робимо висновок, що на папері таке розв'язання занадто громіздке, тому значно простіше його знайти, використовуючи ІТ, а саме у MATLAB. Через те, що спеціально розробленої програми для стохастичної моделі Ланчестера немає, курсантам

пропонується створити її самостійно. Завдання можна запропонувати для великої кількості варіантів, змінюючи відповідно значення вхідних параметрів N_1, N_2, α_1 та α_2. В залежності від рівня підготовки курсантів на різних етапах розв'язання цієї задачі можна запропонувати відповідну допомогу.

При виникненні труднощів на початковому етапі пропонується розглянути задачу у загальному вигляді.

Для цього зазначимо наступні моменти, на які слід звернути увагу:

1. Всі ймовірності можна записати у матрицю $(N_1+1)\times(N_2+1)$, де початково $P_{00}=0$:

$$\begin{pmatrix} 0 & P_{01}(t) & \dots & P_{0N_2}(t) \\ P_{10}(t) & P_{11}(t) & \dots & P_{1N_2}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N_10}(t) & P_{N_11}(t) & \dots & P_{N_1N_2}(t) \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Доцільно обговорити з курсантами, що, дописавши ліворуч та згори число бойових одиниць сторін 1 і 2, буде отримано матрицю розподілу ймовірностей двовимірної випадкової величини.

2. Для знаходження ймовірностей використовуються диференціальні рівняння Колмогорова з урахуванням початкових умов $P_{N_1N_2}(0)=1$ та $P_{ij}(0)=0$ $(i=\overline{0,N_1-1}, j=\overline{0,N_2-1}, i+j\neq N_1+N_2)$.

3. Спочатку потрібно знайти $P_{N_1N_2}$:

$$P'_{N_1N_2}(t)=-(N_1\alpha_1+N_2\alpha_2)P_{N_1N_2}(t). \quad (15)$$

4. Знаходимо ймовірності останнього стовпця (знизу вгору) та рядка (справа наліво) матриці (14), крім перших елементів рядка та стовпця:

$$\begin{aligned} P'_{iN_2}(t)&=-(i\alpha_1+N_2\alpha_2)P_{iN_2}(t)+N_2\alpha_2P_{i+1N_2}(t),\ \ i=\overline{1,N_1-1}, \\ P'_{N_1j}(t)&=-(N_1\alpha_1+j\alpha_2)P_{N_1j}(t)+N_1\alpha_1P_{N_1j+1}(t),\ \ j=\overline{1,N_2-1}. \end{aligned} \quad (16)$$

5. Обчислюємо всі інші ймовірності, крім перших рядка та стовпця, починаючи з нижнього правого кута матриці (14):

$$P'_{ij}(t)=-(i\alpha_1+j\alpha_2)P_{ij}(t)+i\alpha_1P_{ij+1}(t)+j\alpha_2P_{i+1j}(t),\ \ i=\overline{1,N_1-1}, j=\overline{1,N_2-1}. \quad (17)$$

6. Обчислюємо ймовірності перших рядка (справа наліво) та стовпця (знизу вгору):

$$\begin{aligned} P'_{i0}(t)&=-i\alpha_1P_{i1}(t),\ \ i=\overline{1,N_1}, \\ P'_{0j}(t)&=-j\alpha_2P_{1j}(t),\ \ j=\overline{1,N_2}. \end{aligned} \quad (18)$$

7. Знаходимо границі ймовірностей перших рядка і стовпця матриці (14) при $t\to+\infty$.

8. Розраховуємо ймовірності виграшів та середні значення числа неушкоджених бойових одиниць обох сторін по завершенню бою та робимо відповідний висновок.

На цьому етапі можна запропонувати курсантам (студентам) самостійно створити код для розв'язання поставленої задачі. Якщо для певних курсантів ця задача виявиться складною, то можна надати їм блоки розв'язаної задачі в залежності від того, на якому етапі ця проблема виникла. Дані блоки представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Етапи розв'язання задачі за допомогою MATLAB

№ п/п	Код в MATLAB	Пояснення до блоку
1.	N1=5; N2=2; a1=0.5; a2=0.8; syms t y(t);	Введення початкових даних, позначення функції та змінної.
2.	a= N1*a1+N2*a2; P(N1+1,N2+1)=exp(-a*t);	Знаходження $P_{N_1N_2}(t)$ за формулою (15)
3.	for j=1:(N2-1) p(t)= P(N1+1,N2-j+2)*N1*a1; Dy=diff(y) a=N1*a1+(N2-j)*a2; z=Dy==-a*y+p(t) P(N1+1,N2-j+1)=dsolve(z, 'y(0)=0'); end;	Блок, в якому розв'язуються диференціальні рівняння, що дозволяють знайти ймовірності останнього рядку матриці $P_{N_1j}(t), j=\overline{1,N_2-1}$ за формулами (16).
4.	for i=1:(N1-1) g(t)=P(N1-i+2,N2+1)*N2*a2; Dy=diff(y) a=(N1-i)*a1+N2*a2; z=Dy==-a*y+g(t) P(N1-i+1,N2+1)=dsolve(z, 'y(0)=0'); end;	Блок, в якому розв'язуються диференціальні рівняння, що дозволяють знайти ймовірності останнього стовпця матриці $P_{iN_2}(t), i=\overline{1,N_1-1}$ за формулами (16).
5.	for i=1:(N1-1) for j=1:(N2-1) p(t)=(N1-i)*a1*P(N1-i+1,N2-j+2) g(t)=(N2-j)*a2*P(N1-i+2,N2-j+1) Dy=diff(y); a=(N1-i)*a1+(N2-j)*a2 z=Dy==-a*y+p(t)+g(t) P(N1-i+1,N2-j+1)=dsolve(z, 'y(0)=0'); end; end;	Знаходження всіх інших імовірностей матриці $P_{ij}(t), i=\overline{1,N_1-1}, j=\overline{1,N_2-1}$, крім перших рядка і стовпця за формулою (17).
6.	for i=0:N1 Dy=diff(y) z=Dy==(N1-i)*a1*P(N1-i+1,2)	Блок для першого стовпця матриці за формулами (18).

№ п/п	Код в MATLAB	Пояснення до блоку
	P(N1-i+1,1)=dsolve(z, 'y(0)=0'); end;	Блок для першого рядка матриці робиться аналогічно, тому надавати його готовим курсантам не потрібно.
7.	for i=1:(N1+1) P(i, 1)=limit(P(i, 1),t,inf); end; for j=1:(N2+1) P(1,j)=limit(P(1,j),t,inf) end;	Для отримання кінцевого результату границі треба знаходити тільки для ймовірностей $P_{i0}(t)$ та $P_{0j}(t)$.
8.	M1=0; P1=0; for i=1:(N1+1) M1=M1+(i-1)*P(i,1); P1=P1+P(i,1); end;	Обчислення середніх значень числа неушкоджених бойових одиниць по завершенню бою та ймовірностей виграшу сторони 1. Аналогічно виконується для сторони 2.

Джерело: авторська розробка.

По завершенню роботи курсанти (студенти) мають надати звіт, що включає постановку задачі, її реалізацію в MATLAB та висновки стосовно результатів бою.

Розв'язання задачі в загальному випадку за допомогою MATLAB сприяє більш глибокому аналізу кроків розв'язання задачі і її результатів. Потрібно зауважити, що ті курсанти, які не дуже налаштовані на довге розв'язання диференціальних рівнянь, з радістю працюють з комп'ютером і тим самим поринають у суть задачі і її результатів.

При створенні завдань за варіантами для курсантів потрібно звернути увагу на те, що для початкових кількостей бойових одиниць більше 10 програма може виконувати обчислення більше 15 хвилин, що ускладнює перевірку правильності написання коду. Приклад, який був розв'язаний на початку заняття також можна використовувати для перевірки коректності програми.

Це заняття доцільно планувати для обов'язкових дисциплін в ВВНЗ, оскільки воно має професійну спрямованість.

ОБГОВОРЕННЯ

Авторами вперше запропоновано інтегроване заняття для ВВНЗ зі стохастичного моделювання із застосуванням ІТ технологій. Такі заняття підвищують мотивацію курсантів до вивчення математичних дисциплін і застосування математики у своїй професійній діяльності. Базу таких занять потрібно в подальшому поповнювати.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведення інтегрованого заняття підвищує зацікавленість курсантів у вивченні математики та застосуванні її інструментів у професійній діяльності. Детальний опис розв'язання розглянутої в роботі моделі Ланчестера можна використовувати для побудови та розв'язання подібних стохастичних моделей у військовій справі, економіці, інженерії та ін. Запропоноване інтегроване заняття може бути впроваджене при вивченні таких математичних дисциплін, як "Теорія ймовірностей", "Теорія випадкових процесів" та "Системи масового обслуговування".

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Віра, М., & Самусенко, П. (2024). Розв'язання задач лінійного програмування із застосуванням програмного засобу Geogebra. *Фізико-математична освіта*, *39*(1), 14–20.
2. Михалевич, В.М. (2004). *Maple. Комп'ютерна підтримка курсу вищої математики в технічному вузі.* ВНТУ.
3. Співаковський, О. В. (2003). *Теорія і практика використання інформаційних технологій у процесі підготовки студентів математичних спеціальностей*. Айлант.
4. Фурсенко, О., Черновол, Н., & Бобрицька, Г. (2024). Математичні моделі бойових дій як засіб вдосконалення професійної орієнтованості викладання математичних дисциплін у ВВНЗ. *Фізико-математична освіта*, *39*(1), 64–69. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-09.
5. Халанчук, Л. В. (2021). Застосування пакету MathCAD на лабораторних заняттях з вищої математики. *Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-методичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс-2021» Форум молодих дослідників», 12 листопада 2021 року.* (с. 149-150). Суми.
6. Armstrong, M.J. (2011). A verification study of the stochastic salvo combat model. *Annals of Operations Research, 186,* 23-38.
7. Schaffer, M.B. (1968). Lanchester models of guerrilla engagements. *Operations Research, 16(3),* 457-488.
8. 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.
9. Vesa, K. (2015) A Combat Equation Derived from Stochastic Modeling of Attrition Data. *Military Operations Research, 20(3),* 49-69.
10. Wang, J. (2024) The Application of MATLAB in the Mathematics Teaching of Computer Majors. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 25(4). https://doi.org/10.12694/scpe.v25i4.2889

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Vira, M., & Samusenko, P. (2024). Rozv'yazannya zadach liniynoho prohramuvannya iz zastosuvannyam prohramnoho zasobu Geogebra. [Solving linear programming problems using the Geogebra software tool]. *Physical and mathematical education*, 39(1), 14–20. (*in Ukrainian).*
2. Mykhalevych, V.M. (2004). *Maple. Komp'yuterna pidtrymka kursu vyshchoyi matematyky v tekhnichnomu vuzi.* [Maple. Computer support for the course of higher mathematics in a technical university]. VNTU. (*in Ukrainian).*

3. Spivakovs'kyy, O. V. (2003). *Teoriya i praktyka vykorystannya informatsiynykh tekhnolohiy u protsesi pidhotovky studentiv matematychnykh spetsial'nostey*. [Theory and practice of using information technologies in the process of training students of mathematical specialties]. Aylant. (*in Ukrainian).*
4. Fursenko, O., Chernovol, N., & Bobryts'ka, H. (2024). Matematychni modeli boyovykh diy yak zasib vdoskonalennya profesiynoyi oriyentovanosti vykladannya matematychnykh dystsyplin u VVNZ. [Mathematical models of combat operations as a means of improving the professional orientation of teaching mathematical disciplines in military universities]. *Physical and mathematical education*, 39(1), 64–69. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-09. (*in Ukrainian).*
5. Khalanchuk, L. V. (2021) Zastosuvannya paketu MathCAD na laboratornykh zanyattyakh z vyshchoyi matematyky. [Application of the MathCAD package in laboratory classes in higher mathematics]. *Materials of the 2nd All-Ukrainian scientific and methodical internet conference of students, postgraduates and young scientists "Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of learning the disciplines of the science and mathematics cycle "ITM*plus-2021" Forum of young researchers", November 12, 2021.* (pp. 149-150). Sumy. (*in Ukrainian).*
6. Armstrong, M.J. (2011). A verification study of the stochastic salvo combat model. *Annals of Operations Research, 186,* 23-38.
7. Schaffer, M.B. (1968). Lanchester models of guerrilla engagements. *Operations Research, 16(3),* 457-488.
8. 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.
9. Vesa, K. (2015) A Combat Equation Derived from Stochastic Modeling of Attrition Data. *Military Operations Research, 20(3),* 49-69.
10. Wang, J. (2024) The Application of MATLAB in the Mathematics Teaching of Computer Majors. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 25(4). https://doi.org/10.12694/scpe.v25i4.2889

Матеріал надійшов до редакції 02.10.2024р.

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X
DOI: 10.31110/2413-1571
https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-02** UDC **378.37.004**

FUZZY-BASED ENGLISH WRITING WITH KEY-BASED ASSESSMENT

Janice HILL ✉
School of Arts, Letters, and Sciences, National University, USA
jhill2@nu.edu
https://orcid.org/0009-0004-4902-3542

ABSTRACT

Traditional assessment methods in education often rely on rigid grading structures that may fail to capture the nuances of language skills, especially in subjective areas like writing. This article explores how fuzzy logic, a mathematical system that handles imprecision, can enhance English writing assessment by providing a more flexible, holistic view of students' abilities.

Formulation of the problem. English writing is a fairly subjective practice that, due to its interpretative nature, can often present instructors with a challenge when it comes to administering evaluations that are impartial and purely objective. This paper aims to propose a proper way of investing rigor and focus on the core principles of English writing into the process of reviewing student work through the applied integration of mathematics' fuzzy logic.

Materials and methods. The resources included in this article are a variety of robust and innovative works of academic literature that have proven their relevance and advancement to the field of mathematics and also pedagogical assessment methodology. The primary studies and their respective demonstrations of research are productively referenced throughout this paper to concretely elucidate how fuzzy logic can make a difference in forming adequate feedback for English writing students.

Results. The results point to fuzzy logic-based assessments of English writing having merit that is long overdue in English classrooms.

Conclusions. Overall, this article recognizes that fuzzy logic-based assessments of English writing are a ruthlessly efficient, convenient, and innovative strategic approach to scrutinizing student work with fairness, absence of creative bias, and extensiveness.

KEYWORDS: *Fuzzy Logic; Writing Assessment; Writing Composition; COG Technique; Defuzzification.*

ОЦІНЮВАННЯ АНГЛІЙСЬКОГО ПИСЬМА НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ЗА КЛЮЧОВИМИ ПАРАМЕТРАМ

Дженіс ГІЛЛ ✉
Школа мистецтв, літератури та наук Національного університету, США
jhill2@nu.edu
https://orcid.org/0009-0004-4902-3542

АНОТАЦІЯ

Традиційні методи оцінювання в освіті часто спираються на жорсткі критерії оцінювання, які можуть не враховувати тонкощі мовних навичок, особливо в суб'єктивних сферах, таких як письмо. У статті досліджується, як математичний апарат нечіткої логіки, що працює з «неточностями», може покращити оцінювання англійського письма, забезпечуючи більш гнучкий та цілісний підхід до оцінювання здібностей студентів.

Формулювання проблеми. Англійське письмо є досить суб'єктивною практикою, яка через свою інтерпретаційну природу часто утруднює викладачам проведення об'єктивного та неупередженого оцінювання. У статті пропонується можливий підхід до оцінювання, який забезпечить строгість та акцент на основних принципах англійського письма, при перевірці робіт студентів шляхом застосування математичного апарату нечіткої логіки.

Матеріали та методи. У статті використано аналіз та систематизацію наукових та науково-методичних публікацій з проблеми методології педагогічного оцінювання та основних положень нечіткої логіки.

Для цитування:	Hill J. Fuzzy-based english writing with key-based assessment. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 14-19. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-02
	Hill, J. (2024). Fuzzy-based english writing with key-based assessment. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 14-19. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-02
For citation:	Hill, J. (2024). Fuzzy-based english writing with key-based assessment. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 14-19. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-02
	Hill, J. (2024). Fuzzy-based english writing with key-based assessment. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 14-19. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-02

✉ Corresponding author
© J. Hill, 2024

Результати. Оцінювання англійського письма на основі нечіткої логіки має значний потенціал, який давно слід було впровадити в навчанні англійської мови.

Висновки. Оцінювання письма на основі нечіткої логіки є ефективним, зручним та інноваційним стратегічним підходом до аналізу робіт студентів, що забезпечує справедливість, відсутність творчих упереджень та всебічність оцінки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *нечітка логіка; оцінювання письма; композиція письма; метод центру ваги; дефазифікація.*

INTRODUCTION

English writing assessment often presents a challenge due to its inherent subjectivity. Traditional grading schemes are limited in capturing the subtleties of written expression, and they frequently reduce performance to a single letter or number. However, fuzzy logic, developed to manage uncertainties in decision-making processes, offers a promising alternative. Rooted in the concept of partial membership within categories, fuzzy logic provides a structure to evaluate qualitative aspects of writing with greater flexibility, enabling assessments that reflect a range of competencies rather than fixed labels.

English writing assessment is often approached with a strong force of subjectivity targeting the important English composition assessment areas of structure, stylistic choices, authorly intentions, literary fundamentals (i.e., spelling, grammar, punctuation, syntax, etc.), and organization of ideas. The criteria with which frequently passed English writing judgments consult is often quite stringent and perhaps even too narrowed down, failing multiple times to take into account the much larger and significantly broader scope and dimension of writing as a craft (Phakiti & Leung, 2024).

MATERIALS AND METHODS

The resources included in this article are a variety of robust and innovative works of academic literature that have proven their relevance and advancement to the field of mathematics and also pedagogical assessment methodology. The primary studies and their respective demonstrations of research are productively referenced throughout this paper to concretely elucidate how fuzzy logic can make a difference in forming adequate feedback for English writing students.

RESULTS AND DISCUSSION

The results point to fuzzy logic-based assessments of English writing having merit that is long overdue in English classrooms.

1. Assessment Criteria

As mentioned, assessing English composition is a lot more complicated than those carrying out the very action of assessment or designing guidelines for such an action believe and perceive it to be. Assessing English composition, in its ideal execution, involves a multidimensional addressing of how the aforementioned elements of organization, content, mechanics, style, and grammar all play a part in rendering a written piece cohesive, robustly communicative, and coherent. With the aid of a more systematic strategy of closely examining these chief elements, teachers and practitioners of education could significantly assist developing writers in their pursuit of honing their rhetorical and communicative techniques and abilities. Systematization of English composition criteria could be tremendously advantageous to the long-term growth of written communication skills. English composition is defined as the practice of effectively and compellingly organizing, synthesizing, and combining components of English writing and rhetoric to furnish a piece of English writing that is a successful combination and concoction of an author's intentions and literary design. It is a wide-ranging craft that covers a plethora of English writing areas that make up the cohesiveness, coherence, effective expression, and effects of a written work on an intended audience. Assessing these elements is crucial in both educational and professional contexts to ensure effective communication (Dong et al., 2023; Xue, 2024).

We delve here into the primary components of English composition—*content, organization, style, mechanics, and grammar*—and discusses how each can be assessed to improve and evaluate writing. Generally, frameworks in educational assessment criteria focus on aspects like coherence, content, mechanics, and grammar, aligning with holistic models that assess language proficiency (such as the CEFR in Europe or specific rubrics in U.S. education).

Criterion 1. Content.

Content is defined as the makeup and even ingredients of a work of writing—what the work of writing contains. To assess content, one must take into consideration the thorough examination of the author's intentions, the relevance of the described makeup and ingredients in association with said intentions, the scope of these intentions or how well they are explored and expanded upon, and the nature of the ideas pertaining to what the author is trying to get across to their audience. An author's intentions can be found in their work's thesis or main message and can be further studied with the help of its supporting information such as evidence, analysis of evidence, and examples.

Content assessment criteria should adhere to evaluation principles that, overall and in general, propose that an assessor is to factor in authorly intentions and the execution of those intentions in the form of their written work's content. Additionally, said criteria must also then get more and more specific with its checking of the comprising elements and building blocks holding together the author's composition content and its presentation of the author's intended-to-be-shared thoughts. In essence, content assessment criteria should be both holistic and specific.

Criterion 2. Organization

Organization is defined as the structuring of a written work or composition. It has to do with the order of an author's logical reasoning, string of thought, clarity in elucidation of thought, and coherence in relaying ideas present in a written work's anatomical features such as its introduction, thesis, body paragraphs, and conclusion paragraph. Proper organization is key to creating a seamless transition of an author's ideas into a reader's perceptions.

Assessing organization entails evaluating the general foundation of a written work, as well as how it holds together in its more in-depth consistency. A well-organized written work should not give the reader much trouble with moving from

argument to argument, narrative to narrative, and should demonstrate unshakable focus during this process of taking a reader across its material.

Criterion 3. Style

Style is a writer's own personal touch in communicating their unique thoughts and interpretations of concepts. It includes execution of rhetoric, tone, format, vocabulary, and syntax. Style helps give authors a voice of their very own, allowing them to stand out and make an impact on readers in their own individual ways, boosting their inner conversations with said readers as well.

Assessing style entails conducting a thorough investigation of the little fragments that make up the essence of an author's written work and the effect they produce on readers when working in unison. When approaching style, a writer is to ensure that the unique accent they give to their work suits its intended audience and intended messages for said audience.

Criterion 4. Mechanics

Mechanics can be defined as the standards of basic written language. It encompasses spelling, grammar, capitalization, and punctuation, just to name some of its key areas. Proper mechanics ensure the legibility and communication efficiency of a work.

Assessing mechanics largely consists of clear and easily comprehensible criteria. Mechanics determine the clarity in an author's communication and, as terminology would suggest, mechanics are the basic gears and functions of such communication. As a matter of fact, mechanics are a top priority for authors in any kind of literary work they pursue.

Criterion 5. Grammar

Grammar in writing covers the more foundational conventions of sentential structures. Grammar encompasses article use, verb tense agreement, subject-verb agreement, sentence completion, pronoun use, order and placement of lexical items, and more. Taking a look at grammar includes taking into account the standard conventions of a written language that are more on the technical side. Errors in grammar can significantly deter an author from presenting their ideas properly to readers, and it must absolutely be tended to with utmost precision and dedication to good accuracy.

2. Principles of Fuzzy Logic

Fuzzy logic, introduced by Lotfi Zadeh (1965) extended classical binary logic to handle the concept of partial truth—truth values between "completely true" and "completely false." In fuzzy logic, variables can have degrees of membership in multiple sets, allowing for more flexible and nuanced decision-making processes.

Core Concepts

1. **Fuzzy Sets**: Instead of a crisp set where elements either belong or do not belong, fuzzy sets allow elements to have varying degrees of membership. For example, a sentence can be somewhat clear, very clear, or somewhere in between (Klir & Folger, 1988).
2. **Membership Functions**: These functions define how each element in the set is mapped to a degree of membership, ranging from 0 to n. This allows for the assessment of writing elements in a more granular fashion (Klir & Folger, 1988).
3. **Fuzzy Rules**: Rules are used to model the relationships between different variables. In writing assessment, rules relate the quality of grammar, coherence, and content to an overall writing score (Klir & Folger, 1988).

Fuzzy logic is actively employed for evaluation of students' performance in education (Agarwal et al., 2019; Akkur & Rao, 2018; Gisolfi et al., 1992; Ivanova, 2019; Subbotin, 2014; Subbotin & Bilotskii, 2014; Subbotin et al., 2004; Wardoy, 2020; Yildiz & Baba, 2014).

Implementing fuzzy logic in writing assessment involves several steps:

1. **Defining Criteria and Membership Functions**: The first step is to define the criteria for assessment, such as clarity, coherence, creativity, grammar, and mechanics. For each criterion, membership functions are established to quantify the degree to which a piece of writing meets the criteria.
2. **Creating Fuzzy Rules**: Next, fuzzy rules are developed to describe how different criteria interact to produce an overall assessment. For example, a rule might state that if a piece of writing is highly coherent and has minor grammatical errors, it should receive a high overall score.
3. **Fuzzification and Defuzzification**: Fuzzification converts the input data (writing samples) into degrees of membership across the defined criteria. Defuzzification then translates the fuzzy output back into a crisp score or grade, providing a clear result for the writer.

Consider a scenario where fuzzy logic is applied to evaluate student essays. The assessment criteria include content, organization, style, grammar, and mechanics. Each criterion is broken down further into specific aspects such as relevance, coherence, vocabulary, and punctuation.

3. Applying the Center of Gravity Fuzzy Technique

The COG technique is a very popular in fuzzy mathematics defuzzification method (van Broekhoven & De Baets, 2006). The following described below concrete approach was developed in (Subbotin, 2014; Subbotin & Bilotskii, 2014; Subbotin et al., 2004).

For applying this technique, we correspond to each x of the universal set U an interval of values from a prefixed numerical distribution, which actually means that we replace U with a set of real intervals. Then, we construct the graph of the corresponding membership function $y=m(x)$. There is a commonly used in fuzzy logic approach to represent the fuzzy data with the pair of numbers (x_c, y_c) as the coordinates of the COG, say F_c, of the level's section S contained between the above graph and the OX axis, which we can calculate using the following well-known formulas:

$$x_c = \frac{\iint_S x\,dxdy}{\iint_S dxdy}, \quad y_c = \frac{\iint_S y\,dxdy}{\iint_S dxdy} \tag{1}$$

In fact, let G be a group of individuals participating in a certain activity and let U={A, B, C, D, F} be a set of linguistic labels (grades) characterizing the individuals' performance with respect to this activity as follows: A=excellent, B=very good, C=good, D=moderate (satisfactory) and F= unsatisfactory. Then, we can express G as a *fuzzy set* in U in the form G = {(x, $m(x)$), $x \in$ U}, where y=m(x) is the corresponding membership function.

We correspond to each x in U an interval of real values as follows: F $\rightarrow$ [0, 1), D $\rightarrow$ [1, 2), C $\rightarrow$ [2, 3), B $\rightarrow$ [3, 4), A $\rightarrow$ [4, 5]. Consequently, we have that $y_1 = m(x) = m$(F) for all x in [0,1), $y_2 = m(x)$ = m(D) for all x in [1,2), $y_3 = m(x) = m$(C) for all x in [2, 3), $y_4 = m$(x) = m(B) for all x in [3, 4) and $y_5 = m(x) = m$(A) for all x in [4,5]. Then the graph of the membership function $y = m(x)$, takes the form of the bar graph of Figure 1, while the area of the level's section S contained between this graph and the OX axis is equal to the sum of the areas of the rectangles S_i, i=1, 2, 3, 4, 5.

Fig. 1. Bar graphical data representation
Source: Own work.

It is straightforward then to check that in this case formulas (1) are transformed to the form:

$$x_c = \frac{1}{2}\left(\frac{y_1+3y_2+5y_3+7y_4+9y_5}{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}\right),\ y_c = \frac{1}{2}\left(\frac{y_1^2+y_2^2+y_3^2+y_4^2+y_5^2}{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}\right) \quad (2)$$

with $y_i = m(x_i)$, i=1, 2, 3, 4, 5 and x_1=F, x_2=D, x_3=C, x_4=B and x_5=A.

In fact, $\iint_S dxdy$ is the area of S which is equal to $\sum_{i=1}^{5} y_i$ Also $\iint_S xdxdy = \sum_{i=1}^{5}\iint_{S_i} xdxdy = \sum_{i=1}^{5}\int_0^{y_i} dy \int_{i-1}^{i} xdx =$

$$= \sum_{i=1}^{5} y_i \int_{i-1}^{i} xdx = \sum_{i=1}^{5} y_i [\frac{x^2}{2}]_{i-1}^{i} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{5} y_i[i^2-(i-1)^2] = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{5}(2i-1)y_i \text{ and}$$

$$\iint_S ydxdy = \sum_{i=1}^{5}\iint_{F_i} ydxdy = \sum_{i=1}^{5}\int_0^{y_i} ydy \int_{i-1}^{i} dx = \sum_{i=1}^{n}\int_0^{y_i} ydy = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} y_i^2$$

Normalizing the membership degrees by dividing each y_i by the sum $\sum_{i=1}^{5} y_i$.

In the current article we will implement a different model being feasible for the individual work assessment. It is based on the same mentioned above GOC ideas, but different in its development and applications. It will allow us to choose the satisfactory written works among submitted, and to choose the best of them.

We will consider assessment of English composition involving evaluating various qualitative aspects of writing, such as content, organization, style, mechanics, and grammar. Traditional methods of assessment can struggle with the subjective nature of these criteria. Fuzzy logic, particularly the center of gravity (COG) technique, offers a way to handle the inherent vagueness and subjectivity in writing assessments.

If (Xc,Yc) is the coordinates of the figure's center of gravity, (xci, yci) is the coordinates of the center of gravity of the segment i, mi is the mass of the segment i, and M is the mass of the entire figure. If we assume the mass of the region is uniformly distributed, then we can assume that that it is equal to the area of the region. Considering $xc_i = i - \frac{1}{2}$, $yc_i = \frac{yi}{2}$, M is the sum of all mi which is equal to the area of the corresponding rectangle, i.e. the sum of yi, we come to the similar to (2) formulas

$$Xc = \frac{\sum_1^n (i-\frac{1}{2})yi}{\sum_1^n yi},\ Yc = \frac{\sum_1^n (yi)^2}{2\sum_1^n yi} \quad (3)$$

The important next here step is to define the criteria for assessment (e.g., content, organization, style, mechanics, and grammar) and create membership functions for each criterion and develop rules that describe how the various criteria interact to influence the overall assessment.

Thus:

1. Every area of assessment, e.g., content (1), organization (2), style (3), mechanics (4), and grammar (5), should be at least satisfactory (i.e. greater or equal to 1), otherwise the assessed work is unsatisfactory.

2. The rule of passing: The ordinate *Yc* of the COG of the assessed work should be greater than 1. We can change this criterion, increasing the rigor. This is especially useful in some kinds of competitions. The abscise *Xc is* smaller (closer to 0.5) as the work is more mature.

The following example demonstrates the implementation of the above ideas.

1	3
2	2
3	2
4	1
5	3

Fig. 2
Source: Own work.

In Figure 2 we illustrate the results of the assessment of an essay. Here, the first column reflects the assessment of the content (3), the second column reflects the organization of the writing (2), the third column reflects the style (2), the fourth – mechanics (1), and the fifth – the grammar (3).
In this case, we have:

$$Xc = \frac{\sum_1^n (i-\frac{1}{2})yi}{\sum_1^n yi} = \frac{26.5}{11} = 2.4091 \ldots,$$

$$Yc = \frac{\sum_1^n (yi)^2}{2\sum_1^n yi} = \frac{27}{22} = 1.2272 \ldots,$$

These numbers show that the writing is above the passing level and has good content, grammar, and organization skills.
Consider another essay assessment given with the table:

1	2
2	3
3	1
4	1
5	3

Fig. 3
Source: Own work.

In this case we have:

$$Xc = \frac{\sum_1^n (i-\frac{1}{2})yi}{\sum_1^n yi} = 2.5$$

$$Yc = \frac{\sum_1^n (yi)^2}{2\sum_1^n yi} = 1.2.$$

As we can conclude from these assessment numbers, in the second case, the demonstrated performance is close to the first one, however since the ordinate of the COG is higher, this case is more desirable.
Consider an outlier case given with the table:

1	3
2	1
3	1
4	1
5	3

Fig. 4
Source: Own work.

Here

$$Xc = \frac{\sum_1^n (i-\frac{1}{2})yi}{\sum_1^n yi} = 2.5$$

$$Yc = \frac{\sum_1^n (yi)^2}{2\sum_1^n yi} = 1.1666\ldots$$

As we can see, the y-coordinate for COG is much smaller. It shows that this case is less desirable.
And the last outlier.
Consider an outlier case given with the table:

1	1
2	1
3	1
4	1
5	3

Fig. 5
Source: Own work.

Here we have:

$$Xc = \frac{\sum_1^n (i - \frac{1}{2}) yi}{\sum_1^n yi} = 3.0714 \ldots$$

$$Yc = \frac{\sum_1^n (yi)^2}{2 \sum_1^n yi} = 0.9285 \ldots$$

We would recommend considering the cases when the y-ordinate of GOC is less than 1 to be recognized as barely passing. Note, that x-coordinate distance from the middle number 2.5 is an indicator of uniformity of the score's distribution. In general, note that the y-coordinate is a quite sensitive indicator.

CONCLUSIONS

The center of gravity fuzzy technique provides a robust and nuanced approach to assessing English composition. The COG technique addresses many limitations of traditional assessment methods by accommodating the subjective nature of writing and providing a balanced, precise score. The implementation of this approach implies benefits for educational and professional writing assessment, making this a promising area for further exploration and development.

REFERENCES

1. Agarwal, G., Gupta, S., & Agrawal, A. (2019). Evaluation of Student Performance for Future Perspective in terms of Higher Studies using Fuzzy logic Approach, *Int. J. Comput. Appl., 181*(50), 9-14.
2. Akkur, M., & Rao, D. H. (2018). Fuzzy Logic: A Tool for Evaluation of Students' Performance, *Int. J. Sci. Eng. Res., 9*(10).
3. Dong, Z., Gao, Y., & Schunn, C. D. (2023). Assessing students' peer feedback literacy in writing: Scale development and validation. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 1-16. https://doi.org/10.1080/02602938.2023.2175781.
4. Gisolfi, A., Dattolo, A., & Balzano, W. (1992). A fuzzy approach to student modeling. Computers Educ, 19(4), 329-334.
5. Ivanova, M.S. (2019). Fuzzy set theory and fuzzy logic for activities automation in engineering education, *28th Int. Sci. Conf. Electron*.
6. Klir, G. J., & Folger, T. A. (1988). *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*. Prentice-Hall, London.
7. Phakiti, A., & Leung, C. (2024). *Assessment for Language Teaching*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108934091.
8. Subbotin, I. Ya. (2014). *Trapezoidal Fuzzy Logic Model for Learning Assessment*, arXiv 1407.0823 [math.GM].
9. Subbotin, I. Ya., & Bilotskii, N. N. (2014). Triangular fuzzy logic model for learning assessment. *Didactics of Mathematics: Problems and Investigations, 41*, 84-88.
10. Subbotin, I. Ya., Badkoobehi, H., & Bilotckii, N. N. (2004). Application of fuzzy logic to learning assessment. *Didactics of Mathematics: Problems and Investigations, 22*, 38-41.
11. van Broekhoven, E., & De Baets, B. (2006). Fast and accurate centre of gravity defuzzification of fuzzy system outputs defined on trapezoidal fuzzy partitions. *Fuzzy Sets and Systems, 157*(7), 904-918.
12. Wardoy, R. (2020). Analysis of Fuzzy Logic Modification for Student Assessment in e-Learning. *International Journal on Informatics for Development, 9*(1), 29-36.
13. Xue, Y. (2024). Towards automated writing evaluation: A comprehensive review with bibliometric, scientometric, and meta-analytic approaches. *Educ Inf Technol*. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12596-0.
14. Yildiz, Z., & Baba, A. F. (2014). Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy decision support system model, *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, April, 1023–1027.
15. Zadeh, L.A. (1965). *Fuzzy Sets Information & Control, 8*, 338-353.

Text of the article was accepted by Editorial Team 02.11.2024

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-03** УДК **37.02**

ДОСЛІДНА ПЕРЕВІРКА ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ТА ЕНЕРГІЇ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Олеся ДАНЬКІВ ✉
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
dankivolesya@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-2154-8396

Ігор СТОЛЯРЧУК
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
i.stolyarchuk@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-7549-2335

Віталій ГОЛЬСЬКИЙ
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
hol.wit@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0009-0003-7282-8050

Людмила ПАНЬКІВ
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
lyuda_pankiv@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-6900-3336

Юрій УГРИН
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
yuriyuhryn@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-8198-6462

Роман ЛЕШКО
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
leshkoroman@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-9072-164X

Віктор БРИТАН
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
vbrytan@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-4535-6129

Олег КУЗИК
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
olehkuzyk@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-8474-444X

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Мотивація навчання є одним з найважливіших аспектів, який потребує уваги. Застосування традиційних методів навчання часто зменшує зацікавленість сучасних учнів у вивченні фізики. Важливу роль відіграє практичне дослідження законів збереження імпульсу та механічної енергії на уроках фізики. Однак, реалізація простих

Для цитування:	Даньків О., Столярчук І., Гольський В., Паньків Л., Угрин Ю., Лешко Р., Британ В., Кузик О. Дослідна перевірка законів збереження імпульсу та енергії у шкільному курсі фізики з використанням обчислювальних систем. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 20-26. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-03
	Даньків, О., Столярчук, І., Гольський, В., Паньків, Л., Угрин, Ю., Лешко, Р., Британ, В., & Кузик, О. (2024). Дослідна перевірка законів збереження імпульсу та енергії у шкільному курсі фізики з використанням обчислювальних систем. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 20-26. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-03
For citation:	Dan'kiv, O., Stolyarchuk, I., Holskyi, V., Pan'kiv, L., Uhryn, Yu., Leshko, R., Brytan, V., & Kuzyk, O. (2024). Experimental verification of the laws of momentum and energy conservation in the school course of physics using computer systems. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 20-26. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-03
	Dan'kiv, O., Stolyarchuk, I., Holskyi, V., Pan'kiv, L., Uhryn, Yu., Leshko, R., Brytan, V., & Kuzyk, O. (2024). Doslidna perevirka zakoniv zberezhennia impulsu ta enerhii u shkilnomu kursi fizyky z vykorystanniam obchysliuvalnykh system [Experimental verification of the laws of momentum and energy conservation in the school course of physics using computer systems]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 20-26. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-03

✉ Corresponding author
© O. Dan'kiv, I. Stolyarchuk, V. Holskyi, L. Pan'kiv, Yu. Uhryn, R. Leshko, V. Brytan, O. Kuzyk, 2024

експериментів для підтвердження цих законів іноді зустрічається з певними фізичними проблемами, зокрема, такими як складність визначення миттєвої швидкості. Традиційні методи вимірювання можуть бути недостатньо точними або обтяжливими для учнів, що ускладнює їхнє розуміння основних фізичних принципів. Розроблена у даній роботі методика ефективно поєднує реальний фізичний експеримент із сучасними комп'ютерними технологіями та покликана підвищити як ефективність навчання, так і пізнавальний інтерес учнів до вивчення фізики.

Матеріали і методи. Дослідження передбачало аналіз і систематизацію наукових публікацій щодо використання сучасних інформаційних технологій (смартфона та обчислювальних систем) на уроках фізики та у домашніх умовах для виконання домашніх лабораторних робіт. Також ми провели опитування вчителів фізиків та студентів (60 респондентів) щодо можливості та необхідності проведення фізичного експерименту з використанням смартфона та систем комп'ютерної математики.

Результати. Розроблено метод дослідної перевірки законів збереження імпульсу та механічної енергії з використанням обчислювальних систем та відеокамери смартфона, який полягає у відеофіксації механічного руху тіла (в окремих випадках у сповільненому режимі), подальшій конвертації відео у набір кадрів формату jpg та обробці отриманих рисунків засобами обчислювальних систем. Запропонований метод дозволяє визначати миттєву швидкість тіла до 60 м/с.

Висновки. Запропонований метод може бути використаний як на уроках фізики, так і при виконанні домашніх лабораторних робіт чи учнівських проєктів, де є необхідність визначати координати, миттєву швидкість, прискорення, імпульс та кінетичну енергію тіла.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *навчання фізики; закон збереження імпульсу; закон збереження енергії; смартфон; обчислювальні системи.*

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE LAWS OF MOMENTUM AND ENERGY CONSERVATION IN THE SCHOOL COURSE OF PHYSICS USING COMPUTER SYSTEMS

Olesya DAN'KIV ✉
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
dankivolesya@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-2154-8396

Ihor STOLYARCHUK
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
i.stolyarchuk@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-7549-2335

Vitalij HOLSKYI
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
hol.wit@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0009-0003-7282-8050

Lyudmyla PAN'KIV
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
lyuda_pankiv@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-6900-3336

Yuriy UHRYN
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
yuriyuhryn@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0001-8198-6462

Roman LESHKO
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
leshkoroman@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-9072-164X

Viktor BRYTAN
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
vbrytan@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-4535-6129

Oleh KUZYK
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine
olehkuzyk@dspu.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-8474-444X

ABSTRACT

Formulation of the problem. Learning motivation is one of the most important aspects that needs attention. The use of traditional teaching methods often reduces the interest of modern pupils in studying physics. The practical research of the laws of conservation of momentum and mechanical energy plays an important role in physics lessons. However, implementing simple experiments to confirm these laws sometimes encounters certain physical problems, in particular, such as the difficulty of determining instantaneous velocity. Traditional measurement methods may not be accurate enough or burdensome for pupils, making it difficult for them to understand basic physical principles. The methodology developed in this work effectively

combines a real physical experiment with modern computer technologies and is designed to increase both the effectiveness of learning and pupils' cognitive interest in studying physics.

Materials and methods. The research involved the analysis and systematization of scientific publications on the use of modern information technologies (smartphones and computer systems) in physics lessons and at home for performing home laboratory work. We also conducted a survey of physics teachers and students (60 respondents) regarding the possibility and necessity of conducting a physics experiment using a smartphone and computer mathematics systems.

Results. A method has been developed for experimentally verifying the laws of conservation of momentum and mechanical energy using computer systems and a smartphone video camera, which consists of video recording of the mechanical movement of the body (in some cases in slow motion), subsequent conversion of the video into a set of jpg format frames, and processing of the resulting drawings using computer systems. The proposed method allows determining the instantaneous velocity of a body up to 60 m/s.

Conclusions. The proposed method can be used both in physics lessons and when performing home laboratory work or pupil projects, where there is a need to determine the coordinates, instantaneous velocity, acceleration, momentum, and kinetic energy of a body.

KEYWORDS: *learning of physics; law of conservation of momentum; law of conservation of energy; smartphone; computing systems.*

ВСТУП

Постановка проблеми. Важлива роль у процесі навчання належить практичному дослідженню законів збереження імпульсу та механічної енергії на уроках фізики. Проведення простих експериментів з метою підтвердити ці закони пов'язане з багатьма фізичними проблемами, такими як складність визначення швидкості тіл під час руху (миттєвої швидкості) та ін. Традиційні методи вимірювання не завжди є достатньо точними. Або ж є складними для учнів, що перешкоджає їхньому розумінню суті фізичних явищ та законів. Система сучасної природничо-математичної освіти є неможливою без активного використання цифрових технологій, онлайн-сервісів. Тому у навчання активно впроваджується нова форма наочності – віртуальна, яка може бути дуже ефективною, якщо доповнити її реальним фізичним експериментом. Однак, доволі часто використання різноманітного програмного продукту призводить до відсутності розуміння учнем фізичного змісту явища чи процесу, що вивчається. Яким би чином не імітувався фізичний процес, у більшості випадків не вдається відтворити всі частини реального експерименту і в результаті знижується ефективність навчання та, власне, й зникає зацікавленість у вивченні дисципліни. Тому на даний час існує проблема правильного ефективного впровадження інформаційних комп'ютерних технологій у шкільний курс фізики, яке б забезпечувало досягнення мети їхнього застосування на уроках, максимально поглиблювало рівень розуміння фізичних явищ, способів їх дослідження та принципів вимірювання фізичних величин. За можливості виконання реального фізичного експерименту комп'ютерне моделювання не повинно його заміняти, а лише правильно доповнювати у "слабких місцях". Актуальність даного дослідження полягає у тому, що сучасні технології, зокрема, відеокамера (наприклад, смартфона) та програмне забезпечення для обробки зображень, можуть значно спростити цей процес.

Аналіз актуальних досліджень. У методиці навчання фізики важливе місце належить темам, пов'язаним із вивченням законів збереження енергії та імпульсу, як таким, що формують фундаментальні уявлення про фізику та фізичну картину світу (Кузьменко та ін., 2022; Halilović et al., 2021). Зокрема, в роботі (Кузьменко та ін., 2022) значну увагу приділено зв'язку законів збереження із симетрією простору та часу. Автори роботи (Halilović et al., 2021) провели ґрунтовний аналіз рівня розуміння учнями законів збереження при різних методах їх вивчення. Як одна з найважливіших компонентів у формуванні природничо-наукового мислення, навчання фізики нерідко постає перед труднощами через розрив між теоретичним підходом та практичним досвідом. Навіть у добре обладнаних навчальних закладах проведення лабораторних занять не дає учням достатнього досвіду, необхідного для майбутньої практичної діяльності (Solbes et al., 2009).

Останнє десятиліття характеризується стрімким впровадженням сучасних інформаційних технологій в освітній процес. Особливо це стосується дисциплін природничо-математичного циклу, зокрема, фізики. Використання сучасних інформаційних технологій прагне автоматизувати процес визначення фізичних величин, моделювати різноманітні фізичні явища та процеси.

На цей час існує дуже багато програмних продуктів, призначених для імітації (Erol & Oğur, 2023) та аналізу фізичних процесів, а також для статистичної обробки отриманих результатів (Ali et al., 2019). Сучасні шкільні цифрові лабораторії оснащені набором різноманітних давачів, які через інтерфейс даних дозволяють в режимі онлайн спостерігати динаміку зміни фізичних величин, будувати графіки та ін. (Флегантов, 2017). Це дозволяє модифікувати лабораторні роботи з фізики, або навіть виконувати нові, які за відсутності цифрових лабораторій було б неможливо виконати (наприклад, лабораторні роботи з ядерної фізики). Також програмний продукт, наприклад, різні системи символьної математики використовують для статистичної обробки та аналізу експериментальних даних. Таке використання сучасних інформаційних систем покликане підвищити ефективність навчання, здійснювати візуалізацію фізичних процесів для кращого їх розуміння, заощаджувати час при виконанні лабораторного практикуму (Федчишин та ін., 2023).

Використання відеозапису експериментів дозволяє учням аналізувати рух об'єктів з високою точністю, а математичні пакети, такі як Wolfram Mathematica та Matlab, надають необхідні інструменти для обробки отриманих даних. Це відкриває нові можливості для вивчення фізики, адже учні можуть звернути увагу на аналіз та інтерпретацію результатів, а не лише на проведення вимірювань.

Також особливо складним завданням є забезпечення ефективного проведення лабораторних робіт в умовах дистанційного навчання (у домашніх умовах) (Campari et al., 2021; Larriba et al., 2021). Лабораторні роботи є ключовим елементом у вивченні фізики, адже вони дозволяють учням безпосередньо ознайомитися з фізичними явищами,

експериментально підтвердити теоретичні знання та розвинути навички роботи з фізичними приладами. Проведення цих занять у форматі домашнього навчання ставить перед вчителями та учнями низку нових завдань, пов'язаних з організацією експериментів, доступністю необхідного обладнання та забезпеченням відповідного рівня навчальної взаємодії (Santiago et al., 2022).

Огляд літератури вказує на те, що застосування комп'ютерних технологій у навчанні фізики набуває широкої популярності (Erol & Oğur, 2023; Litvinova et al., 2020; Zakaria et al., 2019), проте питання інтеграції відеоаналітики у шкільний курс фізики залишається недостатньо вивченим (Vochozka, 2024; Clerget et al., 2021). У цьому контексті дане дослідження має на меті розв'язання проблеми використання відеокамери та математичних пакетів для обробки зображень у дослідницькій діяльності учнів. Запропонований метод не лише покращить точність вимірювань, але й стане основою для реалізації складніших учнівських проєктів, де учні зможуть глибше досліджувати фізичні явища, застосовуючи отримані знання на практиці. Це, своєю чергою, сприятиме глибшому розумінню фізичних законів, підвищуючи зацікавленість учнів у навчанні.

Мета статті. З огляду на це, метою статті є розробка методичних рекомендацій для експериментального визначення імпульсу та кінетичної енергії тіла у будь-який момент часу і, відповідно, дослідної перевірки закону збереження імпульсу та/або механічної енергії з використанням камери смартфона та комп'ютерних обчислювальних систем. Запропонований алгоритм поєднує виконання реального фізичного експерименту з використанням інформаційних технологій.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження передбачало аналіз та систематизацію наукових публікацій щодо використання сучасних інформаційних технологій, зокрема, смартфона та обчислювальних систем на уроках фізики та у домашніх умовах для виконання домашніх лабораторних робіт. Також було проведено опитування вчителів фізики та студентів, які вже проходили педагогічну практику як вчителі фізики, щодо можливості та доцільності проведення фізичного експерименту з використанням смартфона та систем комп'ютерної математики. Опитування проводилося з 60 респондентами після ознайомлення їх з розробленою методикою. Зокрема, протягом травня 2024 року було опитано 27 вчителів фізики (під час проходження ними курсів підвищення кваліфікації) та 33 студенти, які здобувають фах вчителя фізики. Респондентам було задано 4 запитання: 1) Чи знаєте Ви, що смартфон використовують для проведення фізичного експерименту? 2) Чи знаєте Ви, що системи комп'ютерної математики відкривають широкі можливості у проведенні фізичних експериментів на якісно вищому рівні? 3) Чи вважаєте Ви, що розроблена методика (дослідна перевірка законів збереження імпульсу та енергії з використанням обчислювальних систем) має перспективу використання при вивченні шкільного курсу фізики? 4) Зазначте основні переваги та недоліки цієї методики.

Робота має як методичне, так і прикладне спрямування. Розроблений алгоритм дослідної перевірки законів збереження використовує метод відеоаналізу фізичних процесів, який можна розділити на 4 етапи: 1) проведення відеофіксації експерименту; 2) розкадрування відзнятого файлу; 3) імпорт отриманих зображень та їх початкова обробка (визначення координати рухомого тіла) засобами обчислювальних систем (MatLab, Wolfram Mathematica); 4) статистична обробка отриманих результатів (розрахунок швидкості, імпульсу, кінетичної енергії, побудова відповідних графіків та ін.) засобами обчислювальних систем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для фізичного експерименту використовується лава з обмежувачами, вздовж якої можуть рухатися два візки, зазнаючи пружного зіткнення. Маси візків можна змінювати (використовуючи додаткові важки). Процес руху візків та їх зіткнення фіксується за допомогою смартфона з камерою. Обробка відеофайлу здійснювалася з використанням системи комп'ютерної математики Wolfram Mathematica. Також потрібен доступ до інтернету для здійснення конвертації відеофайлу у набір кадрів. Бажаною вимогою (але необов'язковою у даному експерименті) до смартфона є здатність вести відеофіксацію з частотою 120 або 240 кадрів за секунду (стандартна частота, з якою здійснюється відеозйомка, – це 30 кадрів за секунду).

Пропонується наступний порядок виконання експериментального дослідження щодо експериментальної перевірки законів збереження імпульсу та енергії.

1. На відстані (2-3) м на штативі закріпити смартфон. При цьому, камера повинна бути спрямована перпендикулярно до лави. Далі слід відзняти на камеру процес руху та зіткнення візків.

2. За допомогою одного з онлайн конвертерів здійснити розкадрування відзнятого відео, тобто перетворити відеофайл у набір кадрів формату jpg. Також деякі обчислювальні системи, наприклад, Wolfram Mathematica 11 чи MATLAB R2012b (та вищі версії), дозволяють виконати таку функцію. У цьому випадку потреби в онлайн конвертері немає. У більшості випадків такі конвертери проводять розкадрування з періодом 0,1 с, хоча може бути й менший. Тривалість руху візків у нашому експерименті становила орієнтовно 1 с (рух до удару, зіткнення та рух після удару). Тому, при здійсненні конвертації відео, ми змогли отримати 10-12 кадрів. У даному досліді цього достатньо, щоб визначити швидкість візків до удару та після удару. Візки звичайно рухаються нерівномірно, через наявність сили тертя, але зміна швидкості за цей час несуттєва. Тому швидкості візків до удару (υ_1, υ_2) та після удару (u_1, u_2) можуть бути визначені за формулами:

$$\upsilon_{1,2} = \frac{x_{1,2}^{(i+1)} - x_{1,2}^{(i)}}{t_0}, \quad u_{1,2} = \frac{x'^{(i+1)}_{1,2} - x'^{(i)}_{1,2}}{t_0}, \tag{1}$$

де t_0 – інтервал часу між двома кадрами (у нашому випадку t_0 = 0,1 с), $x_{1,2}^{(i)}$ – координата першого чи другого візка на i-му кадрі до зіткнення; $x'^{(i)}_{1,2}$ – відповідно, координата першого чи другого візка на i-му кадрі після зіткнення.

За необхідності (за більшої швидкості руху тіла або при нерівномірному русі) відеофіксацію можна здійснити у режимі більшої частоти кадрів (сповільненому режимі). У цьому випадку частота становитиме 240 кадрів за секунду, що у 8 разів більше, ніж у звичайному режимі. Це дозволяє визначити миттєву швидкість до 60 м/с.

3. Зберегти папку з набором кадрів руху візка на комп'ютері.

4. Здійснити обробку зображень за допомогою обчислювальних систем, наприклад, Wolfram Mathematica. У даній роботі був використаний програмний код, який представлений у роботі (Kuzyk et al., 2023). Ця програма дозволяє імпортувати (завантажувати) отримані кадри, визначати на кожному з них координати потрібної точки (у нашому випадку візка). Це здійснюється за допомогою "локаторів" (областей, які можна легко переміщувати мишею у потрібну точку кадру, та миттєво отримувати її координати клацанням мишею по цій області). Кожна точка позначається, наприклад, червоним кругом для випадку руху візків до зіткнення та синім – при їхньому русі після зіткнення (рис. 1). Після цього програма дозволяє побудувати об'єднаний рисунок, де зображені всі проміжні положення візків (рис. 2). Також виводяться масиви координат візків.

Рис. 1. Кадри руху візків з ідентифікованими їх положеннями за допомогою "локатора" засобами обчислювальної системи Wolfram Mathematica

Джерело: авторська розробка.

Рис. 2. Об'єднаний рисунок зі всіма проміжними положеннями візків, отриманий засобами Wolfram Mathematica: круг меншого розміру відповідає положенню першого візка; круг більшого розміру – положенню другого візка; круг червоного кольору відповідає положенню візка до пружного зіткнення; круг синього кольору – положенню візка після пружного зіткнення

Джерело: авторська розробка.

5. Визначити лінійний масштаб *k* отриманого рисунка. Для цього визначаємо відстань між візками *l* у початковий момент часу на рисунку $l = x_2^{(0)} - x_1^{(0)}$ та реальну початкову відстань між візками *L*. Тоді масштабний коефіцієнт обчислюється як $k = L / l$. Помноживши компоненти попередньо визначеного масиву координат на коефіцієнт *k*, отримаємо реальні координати візків у різні моменти часу.

Процес виконання експериментального завдання в оптимальному темпі, починаючи від експерименту з відеофіксацією до обробки отриманих результатів засобами Wolfram Mathematica (маючи готовий програмний код), включно з конвертацією відеофайлу, зайняв 12 хвилин. Якщо конвертацію відеофайлу у кадри здійснювати безпосередньо з використанням обчислювальних систем, а не онлайн сервісів, то можна заощадити 2-3 хвилини. Тому за час уроку з виконання такої лабораторної роботи можна провести дослідження за різних параметрів (маси візків, їх швидкості до удару), проаналізувати результати й зробити висновок. Проведені теоретичні розрахунки імпульсів та кінетичних енергій добре узгоджуються з отриманими експериментальними даними.

Для виконання таких досліджень вчитель повинен мати базові знання для роботи в одній з обчислювальних систем. Для початківців ми рекомендуємо використовувати Wolfram Programming Cloud – хмарну платформу з відкритим доступом, розроблену компанією Wolfram Research, яка надає можливості для програмування, розробки та виконання проєктів у середовищі Wolfram Language. Ви зможете писати й запускати на виконання програмний код без необхідності встановлення відповідного програмного забезпечення на своєму комп'ютері. Все виконується у браузері. Платформа дозволяє створювати інтерактивні документи, які можуть включати графіки, таблиці та інші візуалізації даних. Користувачі можуть легко ділитися своїми проєктами з іншими (вчитель з учнями, учень з іншими учнями чи вчителем), що спрощує організацію виконання роботи. Вчитель, який вже працював з іншими системами комп'ютерної математики, легко зможе адаптуватися до роботи з даним середовищем. За наявності чіткої інструкції та готового програмного коду учень 10-го класу впорається із розглянутою задачею самостійно, навіть у домашніх умовах. Щодо вимог до смартфона. Стандартна частота для більшості відеозаписів 30 кадрів/с. Вона забезпечує плавне відтворення та є достатньою для більшості

повсякденних відео. Як уже зазначалося, у розглянутому прикладі цього є цілком достатньо. У випадку, якщо буде розглядатися, наприклад, нерівномірний рух (або рух зі значно більшими швидкостями), необхідно використати смартфон, який має режим сповільненої зйомки, в якому частота кадрів може досягати 120 чи 240 кадрів/с. Це дозволяє створювати ефект сповільненої зйомки і визначити миттєву швидкість до 60 м/с при рівномірному русі та досліджувати нерівномірний рух, наприклад, вільне падіння.

Результати опитування вчителів фізики та студентів, які вже проходили педагогічну практику як вчителі фізики, були наступними. 63% опитуваних знають про використання смартфона та тільки 30% – про використання обчислювальних систем в експериментальних фізичних дослідженнях. Більшість респондентів (82%) ствердно відповіли на запитання про перспективність використання розробленої методики у шкільному курсі фізики. Причому, на думку опитаних, така методика істотно підвищить мотивацію навчання школярів, – важливий аспект, який потребує сьогодні особливої уваги. Адже сучасні учні часто пасивно сприймають традиційні методи навчання, що зменшує їхню зацікавленість у вивченні фізики. На думку респондентів, впровадження сучасних технологій, таких як відеоаналітика, значно підвищить мотивацію учнів, оскільки дозволить їм брати активну участь у дослідницькому процесі, експериментувати та отримувати наочні результати. Взаємодія у навчанні з технологіями, які вони використовують у повсякденному житті, зробить процес засвоєння нових знань цікавішим та результативнішим.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Розроблена методика визначення координати, миттєвої швидкості та, відповідно, імпульсу, механічної енергії може бути використана як на уроках фізики, так і при виконанні домашніх лабораторних робіт чи учнівських проєктів, де є необхідність визначати ці фізичні величини як елемент складнішого завдання. Даний метод є органічним поєднанням традиційних методів реалізації процесу навчання фізики з новими методами його інтенсифікації та актуалізації, який не потребує додаткового обладнання, окрім смартфона та програмного забезпечення, яким можна скористатися онлайн. Даний підхід для визначення імпульсу, кінетичної енергії не обмежується лише дослідною перевіркою законів збереження. Ще однією позитивною стороною запропонованого методу є можливість його використання учнями у домашніх умовах. А це, своєю чергою, розширює тематику STEM-проєктів, які на даний час є ефективним інструментом навчання фізики та розвитку критичного мислення. Наприклад, з'являється можливість дослідження руху тіла у в'язкому середовищі навіть у домашніх умовах. Таким чином, розроблена методика, з одного боку, є інструментом для вимірювання ряду фізичних величин на уроках фізики або у домашніх умовах, а з іншого – сприятиме підвищенню рівня мотивації навчання фізики та засвоєння матеріалу, стимулюванню розвитку творчого мислення учнів, готуючи їх до розв'язування складних завдань у майбутній професійній діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ali, S. H., Al-Zuky, A. A. D., Al-Saleh, A. H., & Mohamad, H. J. (2019). Measure liquid viscosity by tracking falling ball Automatically depending on image processing algorithm. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1294, 022002. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1294/2/022002
2. Campari, E. G., Barbetta, M., Braibant, S., Cuzzuol, N., Gesuato, A., Maggiore, L., & Vignali, C. (2021). Physics Laboratory at Home During the COVID-19 Pandemic. *The Physics Teacher*, 59(1), 68–71. https://doi.org/10.1119/5.0020515
3. Clerget, M., Delvert, A., Courbin, L., & Panizza, P. (2021). Different scenarios of shrinking surface soap bubbles. *American Journal of Physics*, 89(3), 244–252. https://dx.doi.org/10.1119/10.0002348
4. Erol, M., & Oğur, M. (2023). Teaching large angle pendulum via Arduino based STEM education material. *Physics Education*, 58, 045001. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/accef4
5. Halilović, A., Mešić, V., Hasović, E., & Vidak, A. (2021). Teaching uppersecondary students about conservation of mechanical energy: two variants of the system approach to energy analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 20(2), 223–236. http://dx.doi.org/10.33225/jbse/21.20.223
6. Kuzyk, O., Dan'kiv, O., & Stolyarchuk, I. (2023). Using the Wolfram Mathematica Software Product and the Smartphone to Determine Kinematic Quantities in Physics Laboratory Workshop. *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies* (*CSIT*), Lviv, Ukraine, 1-4. https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324257
7. Larriba, M., Rodríguez-Llorente, D., Cañada-Barcala, A., Sanz-Santos, E., Gutiérrez-Sánchez, P., Pascual-Muñoz, G., Álvarez-Torrellas, S., Águeda, V. I., Delgado, J. A., & García, J. (2021). Lab at home: 3D printed and low-cost experiments for thermal engineering and separation processes in COVID-19 time. *Education for Chemical Engineers*, 36, 24–37. https://doi.org/10.1016/J.ECE.2021.02.001
8. Litvinova, M., Dudchenko, O., Shtanko, O., & Karpova, S. (2020). Using the technical experiment in the computer simulation training for prospecting software engineers. *International Journal of Computing*, 19(2), 216–223. https://www.computingonline.net/computing/article/download/1764/908
9. Santiago, D. E., Melián, E. P., & Reboso, J.V. (2022). Lab at home in distance learning: A case study. *Education for Chemical Engineers*, 40, 37–44. https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.05.001
10. Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching Energy Conservation as a Unifying Principle in Physics. *J Sci Educ Technol*, 18, 265–274. https://doi.org/10.1007/s10956-009-9149-3
11. Vochozka, V. (2024). Using a Mobile Phone as a Measurement Tool for Illuminance in Physics Education. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2693, 012016. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2693/1/012016
12. Zakaria, N. H., Phang, F. A., & Pusppanathan, J. (2019). Physics on the Go: A Mobile Computer-Based Physics Laboratory for Learning Forces and Motion. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(24), 167–183. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i24.12063
13. Кузьменко, О. С., Савченко, І. М., & Дем'яненко, В. Б. (2022). Методичні особливості реалізації взаємозв'язку симетрії та асиметрії на засадах STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України*, 2(24), 58–66. https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-24-07
14. Федчишин, О., Мохун, С., & Чопик, П. (2023). Віртуальний фізичний експеримент як засіб удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*, 38(2), 50–55. https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-008
15. Флегантов, Л. (2017). Комп'ютерне моделювання механічного руху тіла засобами MATHCAD. *Збірник наукових праць "Information Technologies in Education" (ITE)*, 30, 097–109. https://doi.org/10.14308/ite000622

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Ali, S. H., Al-Zuky, A. A. D., Al-Saleh, A. H., & Mohamad, H. J. (2019). Measure liquid viscosity by tracking falling ball Automatically depending on image processing algorithm. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1294, 022002. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1294/2/022002
2. Campari, E. G., Barbetta, M., Braibant, S., Cuzzuol, N., Gesuato, A., Maggiore, L., & Vignali, C. (2021). Physics Laboratory at Home During the COVID-19 Pandemic. *The Physics Teacher*, 59(1), 68–71. https://doi.org/10.1119/5.0020515
3. Clerget, M., Delvert, A., Courbin, L., & Panizza, P. (2021). Different scenarios of shrinking surface soap bubbles. *American Journal of Physics*, 89(3), 244–252. https://dx.doi.org/10.1119/10.0002348
4. Erol, M., & Oğur, M. (2023). Teaching large angle pendulum via Arduino based STEM education material. *Physics Education*, 58, 045001. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/accef4
5. Halilović, A., Mešić, V., Hasović, E., & Vidak, A. (2021). Teaching uppersecondary students about conservation of mechanical energy: two variants of the system approach to energy analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 20(2), 223–236. http://dx.doi.org/10.33225/jbse/21.20.223
6. Kuzyk, O., Dan'kiv, O., & Stolyarchuk, I. (2023). Using the Wolfram Mathematica Software Product and the Smartphone to Determine Kinematic Quantities in Physics Laboratory Workshop. *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies* (*CSIT*), Lviv, Ukraine, 1-4. https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324257
7. Larriba, M., Rodríguez-Llorente, D., Cañada-Barcala, A., Sanz-Santos, E., Gutiérrez-Sánchez, P., Pascual-Muñoz, G., Álvarez-Torrellas, S., Águeda, V. I., Delgado, J. A., & García, J. (2021). Lab at home: 3D printed and low-cost experiments for thermal engineering and separation processes in COVID-19 time. *Education for Chemical Engineers*, 36, 24–37. https://doi.org/10.1016/J.ECE.2021.02.001
8. Litvinova, M., Dudchenko, O., Shtanko, O., & Karpova, S. (2020). Using the technical experiment in the computer simulation training for prospecting software engineers. *International Journal of Computing*, 19(2), 216–223. https://www.computingonline.net/computing/article/download/1764/908
9. Santiago, D. E., Melián, E. P., & Reboso, J.V. (2022). Lab at home in distance learning: A case study. *Education for Chemical Engineers*, 40, 37–44. https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.05.001
10. Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching Energy Conservation as a Unifying Principle in Physics. *J Sci Educ Technol*, 18, 265–274. https://doi.org/10.1007/s10956-009-9149-3
11. Vochozka, V. (2024). Using a Mobile Phone as a Measurement Tool for Illuminance in Physics Education. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2693, 012016. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2693/1/012016
12. Zakaria, N. H., Phang, F. A., & Pusppanathan, J. (2019). Physics on the Go: A Mobile Computer-Based Physics Laboratory for Learning Forces and Motion. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(24), 167–183. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i24.12063
13. Kuzmenko, O. S., Savchenko, I. M., & Demianenko, V. B. (2022). Metodychni osoblyvosti realizatsii vzaємozv'yazku symetrii ta asymetrii na zasadakh STEM-osvity [Methodical features of implementation of the relationship between symmetry and asymmetry based on STEM education]. *Naukovi zapysky Maloї akademiї nauk Ukrayiny – Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine*, 2(24), 58–66. https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-24-07 (In Ukrainian)
14. Fedchyshyn, O., Mokhun, S., & Chopyk, P. (2023). Virtualnyi fizychnyi eksperyment yak zasib udoskonalennia fakhovykh kompetentnostei zdobuvachiv osvity v umovakh dystantsiinoho navchannia [A virtual physic experiment as a means of improving the professional competencies of students in the conditions of distance education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(2), 50–55. https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-008 (In Ukrainian)
15. Flehantov, L (2017). Kompyuterne modelyuvannya mekhanichnoho rukhu tila zasobamy MATHCAD [Computer simulation the mechanical movement body by means of MATHCAD]. *Zbirnyk naukovykh prats "Information Technologies in Education" (ITE) – Journal of Information Technologies in Education (ITE)*, 30, 097–109. https://doi.org/10.14308/ite000622 (In Ukrainian)

Матеріал надійшов до редакції 03.11.2024р.

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-04** УДК **378.091.31:004.9**

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ARDUINO НА ПЛАТФОРМІ TINKERCAD У СЕРЕДОВИЩІ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ ВЧИТЕЛІВ

Сергій КРАМАР
Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
kramarito.ss@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2583-3987

Марія ШИШКІНА ✉
Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
shyshkina@iitlt.gov.ua
https://orcid.org/0000-0001-5569-2700

АНОТАЦІЯ

У роботі охарактеризовано методичні особливості використання програмно-апаратного комплексу Arduino у середовищі навчання вчителів на платформі Tinkercad Circuits. Окреслено функціональні особливості, переваги і недоліки цієї платформи, що роблять доцільним її запровадження у процес неформальної освіти вчителів.

Формулювання проблеми. Необхідність дослідження обумовлена потребою підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів інформатики та фізики, викладачів закладів педагогічної освіти в аспекті розвитку навичок з робототехніки з використанням програмно-апаратного комплексу Arduino. Особливої актуальності набуває проблема підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, щоб привести її у відповідність останнім досягненням науково-технічного прогресу у сфері розвитку технологій. У зв'язку з цим, важливо розглянути найсучасніші рішення щодо організації середовища навчання, зокрема на базі хмарних технологій, потреба в якимх особливо гостро постає в умовах неформальної освіти.

Матеріали та методи. Для досягнення мети роботи були використані загальнонаукові методи: а) теоретичні – аналіз технічної та психолого-педагогічної літератури з проблеми дослідження; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду; теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення наукових фактів і закономірностей б) емпіричні –бесіди з учасниками освітньо-наукового середовища; педагогічні спостереження.

Результати. У роботі обґрунтовано, що методично виважене та доцільне використання апаратно-програмного комплексу Arduino сприятиме більш активному засвоєнню знань, вмінь та навичок з робототехніки, запровадженню інноваційних форм та методів навчання в процесі неформальної освіти вчителів; підвищенню рівня їх ІКТ-компетентності.

Висновки. Використання програмно-апаратного комплексу Arduino та робота в онлайн платформі Tinkercad - методично доцільний складник у процесі неформальної освіти вчителів, запровадження даного комплексу відповідно до спеціально розробленої методики спрятиме підвищенню ІКТ компетентності вчителів, ширшому запровадженню актуального освітнього контенту і найсучасніших технологій у процес навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *хмарні сервіси; методика; Arduino; освітнє середовище; неформальна освіта; вчителі; програмування; робототехніка.*

Для цитування:	Крамар С., Шишкіна М. Методичні особливості використання Arduino на платформі Tinkercad у середовищі неформальної освіти вчителів. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 27-33. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-04
	Крамар, С., & Шишкіна, М. (2024). Методичні особливості використання Arduino на платформі Tinkercad у середовищі неформальної освіти вчителів. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04
For citation:	Kramar, S., & Shyshkina, M. (2024). Methodical features of the use of Arduino on the base of Tinkrcad platform in the process of non-formal education of teachers. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04
	Kramar, S., & Shyshkina, M. (2024). Metodychni osoblyvosti vykorystannia Arduino na platformi Tinkercad u seredovyshchi neformalnoi osvity vchyteliv [Methodical features of the use of Arduino on the base of Tinkrcad platform in the process of non-formal education of teachers]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04

✉ Corresponding author
© S. Kramar, M. Shyshkina, 2024

METHODICAL FEATURES OF THE USE OF ARDUINO ON THE BASE OF TINKRCAD PLATFORM IN THE PROCESS OF NON-FORMAL EDUCATION OF TEACHERS

Serhii KRAMAR
Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
kramarito.ss@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2583-3987

Mariya SHYSHKINA ✉
Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
shyshkina@iitlt.gov.ua
https://orcid.org/0000-0001-5569-2700

ABSTRACT

The paper characterizes the ethodical features of using the hardware and software complex ARDUINO in the process of non-formal education of teachers using the platform Tinkercad Circuits. The problem of advanced training of in-service teachers is of particular relevance, to bring it in line with the latest achievements of scientific and technological progress in the field of ICT development. In this regard, it is important to consider the best solutions for organizing a learning environment, in particular using cloud technologies, the need for which is especially acute in the conditions of non-formal education. The functional features, advantages and disadvantages of this platform are outlined, which make it expedient to introduce it into the process of non-formal education of teachers.

Formulation of the problem. The necessity of the study is due to the need to increase the level of ICT competence of teachers of computer science and physics, lecturers of teacher education institutions in terms of developing skills of the use of the Arduino hardware and software complex.

Materials and methods. To achieve the purpose of the work, the general scientific methods were used: a) theoretical - analysis of technical and psychological and pedagogical literature on the research problem; generalization of domestic and foreign experience; theoretical analysis, systematization and generalization of scientific facts and patterns b) empirical - interviews with participants in the educational environment; observation, questionnaire, testing.

Results. The paper proves that methodologically balanced and appropriate use of the Arduino software and hardware complex will contribute to a more active assimilation of knowledge, skills and abilities, and will promote the introduction of innovative forms and methods of teaching in the process of non-formal education of teachers.

Conclusions. The use of the Arduino hardware and software complex and work in the online platform "Tinkercad" is a methodologically appropriate component in the process of non-formal teacher education, the introduction of this complex in accordance with a specially developed methodology will help to improve the ICT competence of teachers, the wider introduction of relevant educational content and the most modern technologies in the learning process.

KEYWORDS: *cloud services; methodology; Arduino; educational environment; non-formal education; programming; robotics.*

ВСТУП

Постановка проблеми. У сучасному інформаційно-освітньому середовищі існують нові моделі організації навчальної діяльності, які базуються на інноваційних технологічних рішеннях щодо проектування середовища, серед яких значну роль відіграють апаратно-програмні засоби робототехніки, хмарні рішення.

Питання адаптації і налаштування засобів та сервісів інформаційно-технологічного освітнього середовища на потреби користувачів з метою максимально реалізувати педагогічний потенціал використання найсучасніших ІКТ, зокрема, хмарних, досягти поліпшення результатів навчання, а також удосконалення процесу науково-дослідної діяльності вчителів, розвитку навичок спільної роботи, потребує запровадження інноваційних підходів. Ці підходи мають забезпечити найбільш доцільні способи організації доступу до програмного забезпечення навчального призначення, зокрема, на базі хмаро орієнтованих підходів, що належать до провідних моделей інформаційно-технологічних рішень організації інфраструктури освітнього середовища, а також постають каталізатором запровадження інноваційних методів і підходів в освітню практику.

Використання *програмно-апаратного* комплексу Arduino у системі неформальної освіти вчителів відіграє особливу важливу роль, оскільки воно поєднує в собі як основні поняття, так і принципи роботи програмної та технічної складової.

Використання *програмно-апаратного комплексу у системі неформальної освіти* дозволяє досягти підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів, поліпшення їх обізнаності з методиками і досвідом використання програмного забезпечення та технологій. Необхідність органічно поєднати викладення навчального матеріалу з допомогою платформи «Tinkercad» та проведення контрольних опитувань та консультації; постійне удосконалення організації навчальної діяльності за допомогою хмарних сервісів, запровадження дистанційних і змішаних форм навчання у процес опанування апаратно-програмних засобів робототехніки потребують відповідного науково-методичного опрацювання, розроблення спеціальних методик.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності і результативності підвищення ІКТ компетентності вчителів інформатики та фізики за рахунок ширшого використання у процесі навчання засобів і технологій робототехніки, зокрема на базі хмаро орієнтованих рішень. Запровадження робототехніки у процес навчання не втрачає актуальності у зв’язку з необхідністю підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, які мають бути в курсі розвитку технологій, які постійно вдосконалюються. Запровадження програмно-апаратного комплексу Arduino на базі хмарних

платформ реалізації доступу є суттєвою передумовою для підвищення ІКТ-компетентності вчителів, здатних до активної професійної діяльності і самореалізації у високотехнологічному суспільстві, готових до використання інноваційних методик і засобів навчання, реалізації інноваційних форм, методів і підходів до його організації.

Аналіз актуальних досліджень. Ознайомлення з науковими працями провідних науковців у галузі освіти, досвідом педагогів свідчить про недостатній рівень використання найсучасніших методів, засобів, організаційних форм навчання основам робототехніки, зокрема на базі комплексу Arduino. Якщо говорити про висновки авторів Л. Фултона та М. Шмідта (Schmidt & Fulton, 2016)., а також результати дослідження С. Дзюби (Морзе та ін., 2018), варто зазначити, що в процесі реалізації і тестування нововведень потрібні значні зусилля педагогів для більш повного задоволення низки освітніх потреб та більш успішного запровадження комплексу. Вивчаючи роботи Ч. Кім(Kim та ін., 2015), варто звернути увагу на дослідницький проект, мета якого - допомогти вчителям навчитися розробляти відповідні компоненти навчального призначення з використанням робототехніки та змістовно впроваджувати свої знання на практиці та в навчанні інших.

В останні роки було досягнуто певного прогресу у запровадженні основ робототехніки у процес підготовки вчителів у закладах вищої освіти, були розроблені відповідені методики розвитку компетентностей з робототехніки наприклад, (Струтинська, 2020), Існують публікації стосовно використання Tinkercad для онлайн підтримки лабораторних робіт з проєктування мікропроцесорних систем в технічному університеті (Голубєв та ін., 2023). В той же час, навчання вчителів навичкам робототехніки продовжує залишатися актуальним завданням у сфері педагогічної освіти. По-перше, поряд з тим, що методики навчання робототехнаки у закладах вищої педагогічної освіти досить добре розроблені, мало розробленими залишаються питання підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, для цього потрібні спеціальні методики, враховуючи те, що технології постійно розвиваються і вдосконалюються. По-друге, навчання вчителів відбувається, зазвичай, у середовищі неформальної освіти, і для цього потрібні он-лайн середовища для того, щоб навчання могло відбуватися у дистанційному або змішаному форматі.

В Україні вже почали робити перші кроки системи навчання з використанням STEM підходів. Розроблені освітні програми навчання майбутніх вчителів інформатики у контексті STEM-освіти (*Валько, 2019*), розглянуті методичні особливості використання платформи Arduino у підготовці вчителів фізики до STEM орієнтованого навчання (Сальник та ін., 2023). Даний підхід до проектування систем навчання наразі стає все більш популярним, бо чудово себе показує у процесі формування навичок дослідницької діяльності в учнів у молодшій, середній та старшій школі. Тому розвиток методичних підходів до поглибленого опанування вчителями знань у сфері робототехніки потребує подальшого вивчення.

Мета статті. *Метою статті* є визначення методичних особливостей запровадження апаратно програмного комплексу Arduino на платформі Tinkercad у середовище навчання вчителів інформатики та фізики у процесі неформальної освіти.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети роботи були використані загальнонаукові методи: а) теоретичні – аналіз технічної літератури з проблеми дослідження; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду; теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення наукових фактів і закономірностей б) емпіричні – бесіди з учасниками освітньо-наукового середовища; педагогічні спостереження; анкетування; тестування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Елементи методики використання *програмно-апаратного* комплексу Arduino були запроваджені у процес навчання вчителів інформатики та фізики в неформальній освіті.

Метою навчання за запропонованою методикою є підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів щодо використання засобів робототехніки у своїй професійній діяльності.

Форми навчання: практичні заняття; лабораторні роботи; тренінги.

Методи навчання: пояснювально-ілюстративний; практично-діяльнісний; словесной-розяснювальний; проектний.

Засобом навчання є програмно-апаратний комплекс Arduino, що використовується на платформі Tinkercad. Платформа Tinkercad вже багато років показує себе як стабільна, доступна, логічно скомпонована платформа для навчання (Рис. 1). За умов використання хмарних сервісів, дані зберігаються у центрі обробки даних, а не на локальному комп'ютері користувача, тоді як доступ до них забезпечується через браузер, є можливим з різних пристроїв, з яких можна вийти в Інтернет. За хмарної моделі організації доступу до ІКТ виникають необхідні умови для формування навичок командної роботи, які потрібні сучасному фахівцеві, що має бути обізнаним з використанням ІТ. Вчителі, які опановували даний комплекс, мали зареєструватися у хмаро орієнтованому середовищі, отримати акаунт, завдяки якому вони мали доступ до готових проектів з поясненням, сервісів як для індивідуального, так і колективного використання.

Найважливішою особливістю *програмно-апаратного комплексу Arduino,* з точки зору педагогічного використання, є вільний доступ, безпека та надійність зберігання інформації, контроль прав доступу, здатність легко адаптувати під різні цілі та задачі.

В умовах формування інформаційного суспільства важливо підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних правильно та доцільно навчити використовувати комплекс так, щоб це було змістовно та цікаво. Тому необхідно шукати нові методичні підходи до організації навчання, які б сприяли глибокому засвоєнню та розумінню основних понять, правил, принципів і методів вивчення дисциплін, їх взаємозв'язку з суміжними дисциплінами та способів їх використання на практиці.

Рис. 1. Хмаро орієнтоване середовище Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (https://www.tinkercad.com/).

Для організації групової роботи з вчителями була використана платформа *Tinkercad*, але з інтегрованими класами, оскільки в даній платформі реалізовано наступні можливості: корегувати дії викладача, вести групове та індивідуальне спілкування, робити нотатки, відслідковувати прогрес успішності, зберігати роботи. Застосування програмно-апаратного комплексу не спричинить вчителям суттєвих труднощів у вирішенні поставлених завдань, для роботи потрібно лише мати доступ до мережі інтернет. Однак для користування хмарними сервісами необхідно пройти короткий інструктаж роботи з ними (Рис. 2).

Рис. 2. Приклад платформи Tinkercad з інтегрованими класами
Джерело: платформа Tinkercad (https://www.tinkercad.com/).

Мета запровадження *програмно-апаратного комплексу Arduino* у процесі підготовки фахівців - формування здатності до успішного використання інформаційних технологій у своїй професійній діяльності, творчого підходу до вирішення нестандартних проблем, глибокого оволодіння основами дисципліни. З цією метою була розроблена методика використання *комплексу* у неформальній освіті вчителів, спрямована на (і) формування професійних компетентностей вчителів інформатики та фізики, що дасть можливість успішно адаптуватися до вимог інформаційного суспільства; розвиток творчого підходу до вирішення нестандартних завдань; та (ііі) формування навичок використання ІКТ, необхідних для аналізу, моделювання та вирішення теоретичних та практичних задач у професійній діяльності.

Завдяки впровадженню *комплексу* у навчальний процес вчителів з'являється можливість зосередити увагу на принципах, підходах, звільнити час та зусилля, які витрачаються на створення навчального матеріалу, використання платформи значно покращує процес навчання (Рис. 3).

Можливості використання *програмно-апаратного комплексу* для вирішення навчальних задач досить широкі. Вчитель, використовуючи хмарні сервіси, вирішує поставлену перед ним задачу, і, таким чином, він не має перешкод у застосуванні сучасних засобів ІКТ, а крім того, усвідомлює потрібність корисність платформи для успішної реалізації професійних цілей. Рішення задач прикладного характеру за допомогою хмарних сервісів забезпечує можливість формування професійних компетентностей.

Рис. 3. Приклад елемента навчального процесу на хмарній платформі Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (https://www.tinkercad.com/).

Основною перевагою застосування програмно-апаратного комплексу Arduino при проектуванні середовища навчання є розширення спектру засобів для роботи із сучасним обладнанням на онлайн платформі, до якої матимуть доступ всі учасники процесу навчання. Використання цього комлпексу позитивно впливає на:

– формування навичок роботи в середовищі програмування мікроконтролерів;

– розвиток знань щодо структури програми та її елементів, змінних, виразів, масивів, логічних конструкцій, функцій, бібліотек тощо;

– удосконалення навичок написання програмного коду відповідно до поставленого завдання та перенесення його у середовище мікроконтролера;

– опанування основних понять з електрики;

– формування знань про основні елементи цифрових схем;

– удосконалення навичок розуміння, модифікації та конструювання електричних схем відповідно до пройденого матеріалу;

– формування навичок роботи із датчиками, їх налаштування, опрацювання даних з них та зчитування документації (Golubev et al., 2023; Лєхан, 2007).

Використання Arduino має беззаперечні переваги, а саме:

– спрощує процес роботи з мікроконтролерами у порівнянні з іншими пристроями для вчителів;

– плати Arduino відносно дешевші в порівнянні з іншими платформами;

– плати Arduino кросплатформені (можна працювати під управлінням ОС Windows, Mac OS і Linux);

– система Arduino має просте і зрозуміле середовище програмування.

– середовище програмування Arduino є додатком, що охоплює редактор коду, компілятор і спеціальний модуль для прошивки плати;

– мова програмування, що використовується в Arduino, є реалізацією Wiring, тобто це C / C ++, доповнений деякими бібліотеками;

– можливості плат Arduino можна розширити за допомогою особливих мікросхем, які називають «шилдами» (від англ. shields). Шилди встановлюються поверх основної плати і дають нові можливості (Морзе та ін., 2018).

Основні риси функціоналу та особливості Tinkercad Circuits, що роблять доцільним її запровадження у середовище навчання вчителів, наступні: це онлайн платформа, тож для роботи потрібен лише Інтернет; є у наявності зручний графічний редактор для візуальної побудови електронних схем; доступним є набір попередньо встановлених моделей найбільш популярних електронних компонентів, відсортованих за типами компонентів; платформа містить симулятор електронних схем, за допомогою якого можна підключити створений віртуальний пристрій до віртуального джерела живлення і простежити, як воно буде працювати; можна також використати симулятор датчиків та інструментів зовнішнього впливу. Є можливості змінювати покажчики датчиків, стежити за тим, як в залежності від цього змінюються параметри системи; зручно використовувати вбудований редактор Arduino з монітором порту і можливістю налагодження; є вже розроблені для розгортання проекти Arduino зі схемами і кодом; візуальний редактор коду Arduino; дає можливість інтеграції з рештою функціональністю Tinkercad і швидкого створення для вашого пристрою корпусу та інших конструктивних елементів; створена модель може бути відразу відправлена на 3D-принтер; вбудовані підручники і величезне співтовариство з колекцією готових проектів.

Головне, що не потрібно завантажувати Arduino IDE, не потрібно шукати і викачувати популярні бібліотеки і sketch, не потрібно збирати схему і підключати плату – все знаходиться відразу на одній сторінці.

Переваги використання Tinkercad: безкоштовний онлайн сервіс; найпопулярніші компоненти для Arduino вже є у симуляторі; багато схем створено (можна їх дописувати і змінювати); ділитися проектом з іншими людьми; постійне оновлення й доповнення; вікно написання коду не відрізняється від вікна Arduino IDE.

Недоліки використання Tinkercad: не вистачає компонентів, які створюються швидше, ніж встигають створити симулятор цього компонента (Морзе та ін., 2018).

Запропонована методика використання програмно апаратного комплексу Arduino на платформі Tinekrcad була апробована в освітньому процесі і виявилася досить зручною у використанні. Лекційні, практичні та лабораторні роботи проводились дистанційно, за допомогою одного з месенджерів для зв'язку з викладачем та за допомогою демонстрування робочого стола для чіткості та якісності подачі інформації. Кожне з цих занять було записане і потім завантажене в GoogleDrive, на якому в будь яку хвилину можна було переглянути його, якщо щось не зрозуміло або виникли якісь питання в завданнях або лабораторних роботах.

Рис. 4. Приклад заняття на платформі Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (https://www.tinkercad.com/).

Для перевірки ефективності розробленої методики навчання було виконано порівняння навчальних досягнень вчителів за рівнями підготовки за розробленою методикою і відзначено позитивні показники успішності з опанування платформи. Експериментальна база дослідження: Дніпровський науковий ліцей інформаційних технологій, м.Дніпро. Було сформовано фокус-групу з 22 вчителів Дніпровського наукового ліцею інформаційних технологій, для якої було проведено вхідне і вихідне опитування, яке показало підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів щодо використання засобів робототехніки, на основі комплексного показника за основними критеріями – діяльнісним, когнітивним, мотиваційним і рефлексивним.

ОБГОВОРЕННЯ

Проведене дослідження свідчить, платформа Tinkercad є ефективним засобом для організації навчання вчителів інформатики та фізики використанню програмно-апаратного комплексу Arduino. Завдяки опануванню низки навчальних тем і проведення творчих робіт, які можна було організувати на єдиній платформі, до якої викладачі і вчителі могли отримувати доступ у будь-якому місці і у будь-який час, значно розширилися можливості організації якісного навчання; розширився доступ до електронних ресурсів; підвищився рівень організації навчального процесу завдяки структуруванню матеріалу і підтримуванню ресурсів для вивчення в актуальному стані.

Завдяки використанню хмарних технологій можна сформувати поліфункціональне навчальне середовище на єдиній основі, завдяки чому вдається досягти активізації освітнього процесу, формувати у вчителів мотивацію, орієнтування та обізнаність щодо роботи з навчальними проектами, вміння ефективно опрацьовувати значні обсяги даних і відомостей, раціонально організовувати час і наявні ресурси, технічно правильно та доцільно розповідати про датчики та їх особливості, розуміти відмінності датчиків один від одного, орієнтуватись у бібліотеках та знати як їх встановлювати. Всі ці навички є необхідними для повноцінного існування і самореалізації майбутнього фахівця в інформаційному суспільстві, що відкриває широкі можливості для особистісного розвитку і самореалізації.

Визначено наступні найбільш доцільні шляхи використання Arduino у неформальній освіті вчителів:

- *Проектна робота з Arduino:* використання Arduino для реалізації проектів, в яких поєднуються програмування та електроніка, розвиваються індивідуальні та командні комунікативні навички.
- *Наукові дослідження*: Arduino дозволяє проводити наукові експерименти, такі як аналіз впливу кліматичних умов на рослини за допомогою датчиків температури, вологості та світла.
- *Розробка ігор*: створення ігор на базі Arduino сприяє зміцненню навичок програмування та роботи з електронікою.
- *Автоматизація та робототехніка*: можливість створювати автоматизовані системи, використовуючи Arduino для керування та моніторингу, вивчаючи основи інженерії та системного аналізу.
- *Інтерактивні арт-проекти*: за допомогою Arduino можна реалізувати інтерактивні арт-інсталяції, які відгукуються на зміни у середовищі, що збагачує навчальний процес в естетичному вимірі.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Впровадження програмно-апаратного комплексу Arduino у навчання вчителів інформатики та фізики на основі спеціально розробленої методики створює умови для покращення результатів цього процесу. При цьому було використано досвід вітчизняних та зарубіжних фахівців. Проведено аналіз платформ та середовищ, з якими можливо працювати онлайн так, щоб це було зручно для опанування та інноваційно. Найбільш доцільним шляхом запровадження Arduino у процес дистанційного та змішаного навчання вчителів є використання хмаро орієнтованих платформ, зокрема, платформи Tinkercad, що дає можливість організовувати процес навчання у дистанційнрому або змішаному форматі, активізовувати роботу тих, хто вчиться, за рахунок розширення доступу до якісних інструментів і сучасних технологій. При вирішенні задач у галузі навчання основ робототехніки реалізуються міждисциплінарні зв'язки інформатики, математики, фізики та інших предметів, що сприяє професійному розвитку вчителів на основі формування уявлень про цілісність бачення процесу навчання.

Перспективою подальших досліджень є теоретичне обґрунтування та більш широка апробація та впровадження методики використання комплексу Arduino на базі платформи Tinkercad, створення методичних рекомендацій щодо формування на цій основі високотехнологічного середовища (платформи) опанування основ робототехніки, яке розробляється спеціально для вчителів інформатики та фізики для використання в неформальній освіті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Golubev, L. P., Tkach, M. M., & Makatora, D. A. (2023). Using Tinkercad to support online the laboratory work on the design of microprocessor systems at technical university. *Information Technologies and Learning Tools, 93*(1), 80–95. https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.4817.
2. Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education, 91*, 14-31.
3. Schmidt, M., & Fulton, L. (2016). Transforming a traditional inquiry-based science unit into a STEM unit for elementary pre-service teachers: A view from the trenches. *Journal of Science Education and Technology, 25*, 302-315.
4. Алєксєєва, Г. М., & Бабич, П. М. (2018). Використання платформи Arduino для професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів. *Фізико-математична освіта, 4* (18), 12-16.
5. Березнюк, Р. Х. (2019). *Переваги використання онлайн стимулятора Tinkercad Circuits Arduino на уроках інформатики*. http://dspace.megu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1809.
6. Валько, Н. (2019). Аналіз освітніх програм навчання майбутніх вчителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок, 10* (177), 101-106.
7. Лєхан, С. А. (2007). *Інформатика. Мова програмування С++*. Спецкурс. 10–12 класи. Навчальний посібник. Шепетівка: «Аспект».
8. *Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік.* (2017). Лист ІМЗО № 21.1/10-1470 від 13.07.17 рокую https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/
9. Морзе, Н. В., Гладун, М. А., & Дзюба, С. М. (2018). Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання, 65*(3), 37-52.
10. Сальник, І. В., Соменко, Д. В., & Сірик, Е. П. (2023). ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO У ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО STEM ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ. *Інформаційні технології і засоби навчання*, *95*(3), 124–142. https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155
11. Струтинська, О. В. (2020). *Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти*. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Golubev, L. P., Tkach, M. M., & Makatora, D. A. (2023). Using Tinkercad to support online the laboratory work on the design of microprocessor systems at technical university. *Information Technologies and Learning Tools, 93*(1), 80–95. https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.4817.
2. Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education, 91*, 14-31.
3. Schmidt, M., & Fulton, L. (2016). Transforming a traditional inquiry-based science unit into a STEM unit for elementary pre-service teachers: A view from the trenches. *Journal of Science Education and Technology, 25*, 302-315.
4. Alekseeva, G. M., & Babich, P. M. (2018). Using the Arduino platform for training future educational engineers. Physical and mathematical education, 4 (18), 12-16.
5. Bereznyuk, R. Kh. (2019). Advantages of using the online stimulant Tinkercad Circuits Arduino in computer science classes. http://dspace.megu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1809.
6. Valko, N. (2019). Analysis of educational programs for training future teachers in the context of STEM education. *Youth and the market, 10* (177), 101-106
7. Liehan, S. A. (2007). *Informatics. Programming language C++*. Special course. Grades 10-12. Tutorial. Shepetovka: «Aspect».
8. *Guidelines for the implementation of STEM education in general education and out-of-school educational institutions of Ukraine for the 2017/2018 academic year*. (2017). IMZO Letter № 21.1/10-1470 from 13.07.17 https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/
9. Morse, N.V., Gladun, M.A., & Dziuba, S.N. (2018). Formation of key and subject competencies of students by robotic means of STEM education. *Information Technologies and Learning Tools, 65*(3), 37-52.
10. Salnyk, I. V., Somenko, D. V., & Siryk, E. P. (2023). Using the arduino platform in the preparation of physics teachers for stem-oriented education. Information Technologies and Learning Tools, 95(3), 124-142. https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155.
11. Strutinskaya, O.V. (2020). *Theoretical and methodological principles of training future teachers of computer science to teach educational robotics in secondary education institutions*. Kyiv. NPU Dragomanov Publishing House.

Матеріал надійшов до редакції 16.02.2023р.

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-05** УДК **378.02: 004.9**

ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТРАДИЦІЙНОМУ ТА У ЗМІШАНОМУ НАВЧАННІ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АСПЕКТ

Юлія НОСЕНКО ✉
Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
nosenko-y@ukr.net
https://orcid.org/0000-0002-9149-8208

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Масове впровадження цифрових технологій, таких як хмарні та веб-сервіси, штучний інтелект і імерсивні рішення, сприяє підвищенню доступності освіти, покращенню якості навчального процесу та комунікації, розвитку інклюзивних та персоналізованих середовищ. Упродовж останніх років спостерігається стрімкий розвиток і поширення імерсивних технологій, їх поступове перетворення на важливий складник сучасної освіти. Поєднання змішаного навчання з імерсивними технологіями надає учням доступ до різноманітних ресурсів і стимулює їхню активну участь. Такий підхід створює інтерактивне середовище, де учні занурюються у віртуальні сценарії, відчуваючи себе частиною процесу.

Матеріали і методи. Застосовано теоретичні методи науково-педагогічного пошуку. Зокрема, аналіз дослідницьких робіт вітчизняних і закордонних дослідників, експертів. У результаті синтезу, узагальнення аналітичної роботи здійснено порівняльний аналіз специфічних особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчання в закладах загальної середньої освіти. Це дозволить краще зрозуміти сутність, переваги і відмінності використання цих технологій у різних моделях навчання, що сприятиме подальшому проєктуванню освітнього процесу з урахуванням цих особливостей.

Результати. Визначено параметри для порівняння особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО: контекст використання, взаємодія між учнем і вчителем, індивідуалізація навчання, гнучкість та доступність технологій, соціалізація та співпраця, навчальне середовище, мотивація учнів, оцінювання знань, ресурсна забезпеченість, технічна підтримка, інтерактивність освітнього процесу, розвиток навичок саморегуляції, роль батьків у навчанні, педагогічний підхід, розвиток навичок саморегуляції. Здійснено порівняльний аналіз особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО за визначеними параметрами. Розглянуті особливості використання імерсивних технологій в традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО узагальнено у вигляді таблиці.

Висновки. Аналіз особливостей використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО за багатьма параметрами показав, що основні відмінності стосуються гнучкості їх застосування, рівня індивідуалізації освітнього процесу, взаємодії між учнем та вчителем, а також доступності та можливостей розвитку навичок саморегуляції, автономії, соціалізації. У змішаному навчанні ці технології забезпечують більшу автономність учня, адаптивність до індивідуальних потреб і розширюють доступ до навчальних ресурсів. Водночас традиційне навчання надає перевагу безпосередньому контролю з боку вчителя та підтримці соціальної взаємодії в класі. Виявлені особливості використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО важливо враховувати при плануванні уроку, доборі засобів навчання для досягнення дидактичних цілей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *імерсивні технології; доповнена реальність; віртуальна реальність; 360-градучні відео; заклади загальної середньої освіти; традиційне навчання; змішане навчання.*

Для цитування:	Носенко Ю. Імерсивні технології в традиційному та у змішаному навчанні в закладах загальної середньої освіти: порівняльний аспект. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 34-40. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-05
	Носенко, Ю. (2024). Імерсивні технології в традиційному та у змішаному навчанні в закладах загальної середньої освіти: порівняльний аспект. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 34-40. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-05
For citation:	Nosenko, Yu. (2024). Immersive technologies in traditional and blended learning in general secondary education institutions: a comparative aspect. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 34-40. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-05
	Nosenko, Yu. (2024). Imersyvni tekhnolohii v tradytsiinomu ta u zmishanomu navchanni v zakladakh zahalnoi serednoi osvity: porivnialnyi aspekt [Immersive technologies in traditional and blended learning in general secondary education institutions: a comparative aspect]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 34-40. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-05

✉ Corresponding author
© Yu. Nosenko, 2024

IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN TRADITIONAL AND BLENDED LEARNING IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS: A COMPARATIVE ASPECT

Yuliia NOSENKO ✉
The Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
nosenko-y@ukr.net
https://orcid.org/0000-0002-9149-8208

ABSTRACT

Formulation of the problem. The mass adoption of digital technologies, such as cloud and web services, AI and immersive solutions, contributes to increasing the accessibility of education, improving the quality of the educational process and communication, and the development of inclusive and personalized environments. In recent years, there has been a rapid development and spread of immersive technologies, their gradual transformation into an important component of modern education. Combining blended learning with immersive technologies gives students access to a variety of resources and encourages their active participation. This approach creates an interactive environment where students immerse themselves in virtual scenarios, feeling part of the process.

Materials and methods. Theoretical methods of scientific and pedagogical research are applied. In particular, analysis of research works of Ukrainian and foreign researchers, experts. As a result of the synthesis and generalization of the analytical work, a comparative analysis of the specific features of the use of immersive technologies in traditional and blended learning in general school was carried out. This will allow a better understanding of the essence, advantages and differences of the use of these technologies in different learning models, which will contribute to the further design of the educational process taking into account these features.

Results. The parameters for comparing the features of the use of immersive technologies in traditional and blended education were defined: context of use, interaction between the student and the teacher, individualization of learning, flexibility and availability of technologies, socialization and cooperation, learning environment, student motivation, knowledge assessment, resource provision, technical support, interactivity of the educational process, development of self-regulation skills, role of parents in education, pedagogical approach, development of self-regulation skills. A comparative analysis of the features of the use of immersive technologies in traditional and blended learning in general school according to the specified parameters was carried out. The considered features of the use of immersive technologies in traditional and blended learning in general school are summarized in the form of a table.

Conclusions. The analysis of the features of the use of immersive technologies in traditional and blended learning in general school according to many parameters showed that the main differences relate to the flexibility of their application, the level of individualization of the educational process, the interaction between the student and the teacher, as well as the availability and opportunities for the development of self-regulation, autonomy, and socialization skills. In blended learning, these technologies provide greater student autonomy, adaptability to individual needs, and expand access to educational resources. At the same time, traditional teaching prefers direct supervision by the teacher and support of social interaction in the classroom. The identified features of the use of immersive technologies in traditional and blended learning in general school are important to take into account when planning a lesson, selecting learning tools to achieve didactic goals.

KEYWORDS: *immersive technologies; augmented reality; virtual reality; 360-degree videos; institutions of general secondary education; traditional learning; blended learning.*

ВСТУП

Формулювання проблеми. Сучасні технологічні досягнення відкривають нові можливості для автоматизації й оптимізації різних сфер життя. Масове впровадження цифрових технологій, таких як хмарні та веб-сервіси, штучний інтелект і імерсивні рішення, сприяє підвищенню доступності освіти, покращенню якості навчального процесу та комунікації. Вони також підтримують розвиток інклюзивних та персоналізованих середовищ, стимулюючи пошук інноваційних підходів і методик у відповідь на динамічні зміни в суспільстві.

Упродовж останніх років спостерігається стрімкий розвиток і поширення імерсивних технологій, їх поступове перетворення на важливий складник сучасної освіти. Ці технології створюють ефект повного занурення у віртуальні або розширені середовища, дозволяючи користувачам відчувати присутність у змодельованому просторі та взаємодіяти з ним. Ці технології активно використовуються в освіті, медицині, дизайні, ігровій індустрії та інших сферах, змінюючи способи взаємодії з інформацією.

Прикладами імерсивних технологій є:

– віртуальна реальність (Virtual Reality – VR) – забезпечує перебування у повністю віртуальному середовищі;

– доповнена реальність (Augmented Reality - AR) – накладає цифрові об'єкти на реальний світ;

– 360-градусні відео – дозволяють оглядати події з усіх ракурсів.

Імерсивні технології створюють умови глибокого занурення в освітній процес, моделюючи міжособистісну взаємодію у віртуальних просторах. Використання VR та AR підвищує мотивацію учнів, сприяє ефективному засвоєнню знань і розвитку креативного мислення. Завдяки можливостям інтерактивного дослідження та експериментування ці технології відтворюють ситуації та явища, які складно або неможливо побачити у реальному житті, що робить навчання більш захоплюючим і продуктивним.

Поєднання змішаного навчання з імерсивними технологіями надає учням доступ до різноманітних ресурсів і стимулює їхню активну участь. Такий підхід створює інтерактивне середовище, де учні занурюються у віртуальні сценарії, відчуваючи себе частиною процесу. Це дозволяє впроваджувати індивідуальні підходи та здобувати знання через взаємодію з віртуальними об'єктами.

Змішане навчання розуміємо як підхід, педагогічну й технологічну модель, методику, що поруч з онлайн-технологіями спирається на безпосередню взаємодію між учнями/студентами та вчителями/викладачами в аудиторії (Рекомендації, 2020). У вітчизняному і закордонному науковому просторі поряд із поняттям змішаного навчання (blended learning) вживається низка понять – гібридне (hybrid), комбіноване (combined) тощо, які вважаємо синонімічними.

Аналіз актуальних досліджень. Розвиток і поширення імерсивних технологій визнано однією з ключових тенденцій на сучасному етапі технологічного прогресу людства (Top 10 Technology Trends; Yee et al., 2024).

Закордонними дослідниками визначено теоретичні засади, тенденції, проблеми і перспективи використання віртуальної та доповненої реальності для навчання і розвитку ((Azevedo et al., 2024; Bailey et al., 2017; Hughes et al., 2005; Slater, 2018 та ін.), вивчено різні аспекти змішаного навчання (Bernard et al., 2014; Dziuban et al., 2018; Graham, 2013; Hrastinski, 2019 та ін.).

В Україні вже здійснюються кроки щодо дослідження теоретичних та методологічних засад впровадження та використання різних видів імерсивних технологій в освіті, зокрема в ЗЗСО, такими ученими як: Буров О.Ю. (Burov et al., 2022), Литвинова С.Г. (Литвинова та ін., 2020; Литвинова, 2023), Рашевська Н.В. (2024), Сороко Н.В. (2024) та ін.

Усвідомлюючи актуальність окресленої проблеми, в Інституті цифровізації освіти НАПН України вже здійснено дві науково-дослідні роботи та розпочато нову на тему: «Система використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти» (ДР № 0124U000648, 2024-2025 рр.). Це прикладне дослідження, спрямоване на розроблення методики використання імерсивних технологій вчителями закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) в умовах змішаного навчання. Науковим колективом підготовлено низку робіт, в яких висвітлено теоретико-методологічні та практичні аспекти використання імерсивних технологій в ЗЗСО (Литвинова та ін., 2023a; Литвинова та ін., 2023b).

Ці та інші роботи вітчизняних і закордонних авторів утворюють методологічний базис для подальших досліджень за даним напрямом, спираючись на розуміння того, що імерсивні технології є черговим каталізатором розвитку освітніх систем.

Мета – здійснити порівняльний аналіз особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчанні в закладах загальної середньої освіти.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Застосовано теоретичні методи науково-педагогічного пошуку. Зокрема, аналіз дослідницьких робіт вітчизняних і закордонних дослідників, експертів, аналіз міжнародних документів, рекомендацій. У результаті синтезу, узагальнення аналітичної роботи здійснено порівняльний аналіз специфічних особливостей використання імерсивних технологій у традиційному та змішаному навчання в закладах загальної середньої освіти. Це дозволить краще зрозуміти сутність, переваги і відмінності використання цих технологій у різних моделях навчання, що сприятиме подальшому проєктуванню освітнього процесу з урахуванням цих особливостей.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Імерсивні технології, такі як віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR) та інші інтерактивні цифрові рішення, стають важливою складовою освітніх процесів, зокрема в умовах змішаного навчання (blended learning). Змішане навчання поєднує традиційні форми освіти (в аудиторіях) з дистанційним навчанням, що створює простір для інноваційних методик і підходів. Інтеграція імерсивних технологій у традиційне та змішане навчання в закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО) має як спільні риси, так і суттєві відмінності. Розглянемо детальніше особливості використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО:

1. Контекст використання.

У традиційному навчанні імерсивні технології використовуються переважно аудиторно, як допоміжний інструмент для візуалізації та демонстрації матеріалу під наглядом учителя. Використання цих технологій підсилює засвоєння складних тем, таких як фізика, біологія чи історія, забезпечуючи реалістичні моделі та симуляції, але застосування технологій обмежене фізичним середовищем (використовуються у класі) (Bailey et al., 2017).

За умови змішаного навчання імерсивні технології застосовуються як в класі, так і вдома, поєднуючи традиційний і дистанційний компоненти навчання. У цьому форматі учні можуть продовжувати освітній процес вдома, використовуючи сервіси, запропоновані вчителем, для самостійного дослідження матеріалів. Це дозволяє гнучко адаптувати час і місце навчання, розширюючи доступ до технологій (Hrastinski, 2019).

2. Взаємодія між учнем і вчителем.

Взаємодія між учнем і вчителем у традиційному навчанні відбувається безпосередньо. Учитель забезпечує миттєвий зворотний зв’язок і може оперативно коригувати діяльність учнів, спрямовуючи їх роботу з імерсивними технологіями. Цей формат дає можливість контролювати застосування технологій у класі та гарантує коректне їх використання для досягнення освітніх цілей (Makransky & Lilleholt, 2018).

У змішаному навчанні взаємодія учнів із вчителем є більш обмеженою, оскільки значна частина процесу відбувається дистанційно. Імерсивні технології допомагають учням працювати більш автономно, однак це вимагає розвинених навичок саморегуляції або додаткового контролю (з боку батьків чи опікунів). Учитель залишається доступним для консультацій, але часто взаємодія відбувається опосередковано, через цифрові засоби (Bernard et al., 2014).

3. Індивідуалізація навчання.

Імерсивні технології в класі використовуються для всієї групи одночасно, що обмежує можливості індивідуалізації. Наприклад, учні можуть брати участь у віртуальній екскурсії, але контент однаковий для всіх учасників. Це забезпечує певний рівень інтерактивності, проте не завжди дозволяє врахувати індивідуальні потреби та темп кожного учня (Moreno & Mayer, 2007).

У змішаному навчанні імерсивні технології дозволяють учням працювати у власному темпі, надаючи їм можливість адаптувати навчання до власних потреб. Наприклад, учні можуть самостійно проходити віртуальні симуляції або використовувати додатки доповненої реальності для опанування матеріалу. Це дозволяє індивідуалізувати навчання відповідно до рівня підготовки учнів та їхнього темпу (Graham, 2013).

4. Гнучкість та доступність технологій.

У традиційному навчанні доступ до імерсивних технологій обмежується ресурсами школи, використання яких має певний часовий регламент (доступні лише під час уроку).

Змішане навчання забезпечує більшу гнучкість у використанні імерсивних технологій. Учні можуть використовувати власні пристрої (смартфони, планшети) для доступу до імерсивних застосунків вдома, що дає можливість навчатися у зручний для них час. Це розширює можливості інтеграції імерсивних технологій у повсякденне навчання (Dziuban et al., 2018).

5. Соціалізація та співпраця.

У класі учні взаємодіють один з одним у реальному часі, виконуючи групові завдання або проєкти з використанням імерсивних технологій. Це сприяє розвитку соціальних навичок і комунікації. Наприклад, учні можуть спільно виконувати експерименти або обговорювати результати роботи у віртуальному середовищі (Slater, 2018).

Змішане навчання дозволяє учням співпрацювати дистанційно, використовуючи імерсивні технології для спільних завдань у віртуальних середовищах. Це сприяє розвитку цифрових комунікаційних навичок і дозволяє співпрацювати, навіть перебуваючи в різних місцях. Такий формат робить соціалізацію більш гнучкою, зокрема в умовах дистанційної освіти (Anderson & Dron, 2011).

6. Навчальне середовище.

У традиційному навчанні основним середовищем є клас, де учні працюють разом під наглядом учителя. Імерсивні технології служать для підсилення традиційного освітнього процесу, але не виходять за межі класу (Makransky & Lilleholt, 2018).

Змішане навчання поєднує фізичне та віртуальне навчальне середовище. Учні можуть працювати як у класі, так і вдома, використовуючи імерсивні технології. Це дає змогу створити багатокомпонентне навчальне середовище, де учні можуть за потреби змінювати формати навчання (Graham, 2013).

7. Мотивація учнів.

Мотивація учнів у традиційному навчанні значною мірою залежить від керівництва вчителя. Учитель задає темп навчання, а учні залучаються до процесу через пряме керівництво і підтримку (Moreno & Mayer, 2007).

У змішаному навчанні учні несуть більше відповідальності за свій освітній процес. Вони мають самостійно планувати час для роботи, у т.ч. з імерсивними технологіями, що сприяє розвитку самомотивації (Bernard et al., 2014).

8. Оцінювання знань.

У традиційному навчанні оцінювання зазвичай проводиться після завершення уроку, написання контрольних робіт чи ін. Учні отримують зворотний зв’язок від учителя після виконання певних завдань або тестів (Hrastinski, 2019).

Імерсивні технології в змішаному навчанні дозволяють отримувати зворотний зв’язок у реальному часі. Наприклад, учні можуть виконувати інтерактивні завдання або симуляції, що автоматично оцінюють їхню діяльність і надають негайні результати (Makransky & Lilleholt, 2018).

9. Ресурсна забезпеченість.

Використання імерсивних технологій залежить від наявності відповідного обладнання в школі, такого як VR-окуляри, інтерактивні дошки чи комп'ютери. Це може обмежувати частоту та інтенсивність використання цих технологій.

У змішаному навчанні учні можуть використовувати свої особисті пристрої (смартфони, планшети) для доступу до AR/VR контенту вдома, що дозволяє збільшити час роботи з технологіями і знизити залежність від шкільних ресурсів (Dziuban et al., 2018).

10. Технічна підтримка.

Учні отримують технічну підтримку під час уроку безпосередньо від учителя або шкільного персоналу. Це спрощує процес роботи з технологіями, оскільки технічні проблеми можуть бути швидко вирішені на місці (Slater, 2018).

У змішаному навчанні учні можуть стикатися з технічними проблемами вдома, що вимагає від них самостійного вирішення або звернення до вчителя дистанційно. Це може створювати додаткові виклики для учнів (Graham, 2013).

11. Інтерактивність освітнього процесу.

У традиційному навчання імерсивні технології використовуються як додатковий інструмент для візуалізації дидактичних матеріалів під час уроків. Інтерактивність обмежується часом уроку і безпосередньо залежить від методів навчання, які обирає вчитель (Bailey & Bailenson, 2017).

У змішаному навчанні імерсивні технології забезпечують безперервну інтерактивність. Учні можуть працювати з симуляціями, віртуальними лабораторіями та іншими інструментами не лише в класі, а й вдома, що підвищує рівень занурення та практичного застосування знань (Dziuban et al., 2018).

12. Розвиток навичок саморегуляції.

У традиційному навчанні учні працюють під керівництвом учителя, що не завжди сприяє розвитку навичок саморегуляції. Навчальний процес переважно організований вчителем, а учні слідують визначеному плану (Makransky & Lilleholt, 2018).

У змішаному навчанні учні отримують більше відповідальності за власний процес навчання, що розвиває навички саморегуляції. Це особливо актуально при роботі з імерсивними технологіями, які дозволяють учням самостійно обирати темп та час навчання (Graham, 2013).

13. Роль батьків у навчанні.

У традиційному навчанні батьки мають менший вплив на освітній процес, оскільки основна частина навчання відбувається в школі. Їхня роль обмежується допомогою з домашніми завданнями або загальною підтримкою (Slater, 2018).

У змішаному навчанні батьки можуть відігравати важливішу роль, оскільки частина процесу відбувається вдома. Вони можуть допомагати учням організовувати навчальний простір, підтримувати використання імерсивних технологій та контролювати процес дистанційного навчання (Hrastinski, 2019).

14. Педагогічний підхід.

У традиційному навчанні імерсивні технології використовуються як допоміжний інструмент для підсилення викладу матеріалу вчителем. Основний акцент залишається на традиційних методах, таких як пояснення матеріалу, обговорення та ін. (Moreno & Mayer, 2007).

Змішане навчання передбачає поєднання традиційних методів викладання з інтерактивними онлайн-ресурсами та імерсивними технологіями, що робить педагогічний підхід більш адаптивним і гнучким (Anderson & Dron, 2011).

15. Розвиток цифрових навичок.

У традиційному навчанні учні розвивають цифрові навички в межах класу через використання технологій під керівництвом учителя. Проте їхній досвід переважно обмежується шкільним середовищем (Slater, 2018).

У змішаному навчанні учні мають змогу працювати з імерсивними технологіями як у школі, так і вдома, навчаються використовувати різні пристрої, сервіси та платформи, що сприяє активнішому розвитку цифрових навичок (Dziuban et al., 2018).

Розглянуті особливості використання імерсивних технологій в традиційному та змішаному навчанні в ЗЗСО узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1. Особливості використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО

	Імерсивні технології в традиційному навчанні	**Імерсивні технології в змішаному навчанні**
Особливості використання		
Контекст використання	Імерсивні технології використовуються у класі, під наглядом учителя.	Імерсивні технології використовуються як у класі, так і дистанційно. Учні можуть застосовувати їх вдома.
Взаємодія між учнем і вчителем	Безпосередній контроль учителя, миттєвий зворотний зв'язок.	Взаємодія здебільшого відбувається дистанційно. Учні працюють автономно, вчитель надає підтримку за потреби.
Індивідуалізація навчання	Використання технологій для всієї групи одночасно, обмежені можливості індивідуалізації.	Імерсивні технології дозволяють учням працювати у власному темпі, індивідуалізація більш гнучка.
Гнучкість та доступність технологій	Використання технологій обмежене часом уроку та ресурсами школи.	Учні мають доступ до технологій вдома і можуть використовувати їх у будь-який час.
Соціалізація та співпраця	Соціалізація переважно відбувається у класі через групові завдання.	Імерсивні технології підтримують соціальну взаємодію дистанційно, зокрема через спільні проєкти у віртуальних середовищах.
Навчальне середовище	Середовище навчального класу, де учні працюють під наглядом вчителя.	Поєднання фізичного та віртуального середовищ; учні можуть навчатися вдома або в класі.
Мотивація учнів	Мотивація учнів значною мірою залежить від керівництва вчителя.	В учнів розвивається відповідальне ставлення до навчання, самомотивація.
Оцінювання знань	Оцінювання проводиться вчителем після уроку, виконання контрольних робіт чи ін.	Імерсивні технології дозволяють отримувати зворотний зв’язок та оцінки в реальному часі через інтерактивні вправи.
Ресурсна забезпеченість	Використання імерсивних технологій залежить від обладнання в школі (комп'ютери, VR-обладнання).	Учні можуть використовувати особисті пристрої (смартфони, планшети) вдома для доступу до AR/VR ресурсів.
Технічна підтримка	Учні отримують технічну підтримку під час уроку від учителя або шкільного персоналу.	Учні можуть потребувати самостійного вирішення технічних питань або звертатися за допомогою дистанційно.
Інтерактивність освітнього процесу	Імерсивні технології використовуються як додатковий інструмент під час уроку для підсилення аудиторної взаємодії.	Імерсивні технології забезпечують постійну інтерактивність навчання, з можливістю використовувати симуляції та моделі вдома.
Розвиток навичок саморегуляції	Учні працюють за планом і керівництвом вчителя.	Учні самостійно керують своїм часом і навчальними ресурсами, що сприяє розвитку навичок саморегуляції.
Роль батьків у навчанні	Батьки зазвичай менш залучені в процес навчання, оскільки більша частина освітньої діяльності відбувається в школі.	Батьки можуть відігравати більшу роль, контролюючи процес дистанційного навчання та використання технологій удома.
Педагогічний підхід	Основний акцент на традиційних методах навчання з використанням технологій для демонстрації або візуалізації.	Поєднання традиційних методів з інтерактивними онлайн-ресурсами та технологіями для самостійного та дистанційного навчання.
Розвиток цифрових навичок	Цифрові навички розвиваються переважно через використання технологій під час уроків.	Учні розвивають цифрові навички як під час уроків, так і вдома, працюючи з різними цифровими пристроями, сервісами, платформами.

Джерело: авторська розробка.

Розглянуті особливості використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО показують, що існують окремі як слабкі, так і сильні сторони використання цих технологій при обох формах навчання. Це важливо враховувати при плануванні уроку, доборі засобів навчання для досягнення дидактичних цілей.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Імерсивні технології поступово інтегруються у різні сфери діяльності – від бізнесу, маркетингу і розваг до освіти й розвитку. Аналіз особливостей використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО за багатьма параметрами (контекст використання, взаємодія між учнем і вчителем, індивідуалізація навчання, гнучкість та доступність технологій, соціалізація та співпраця, навчальне середовище, мотивація учнів, оцінювання знань, ресурсна забезпеченість, технічна підтримка, інтерактивність освітнього процесу, розвиток навичок саморегуляції, роль батьків у навчанні, педагогічний підхід, розвиток навичок саморегуляції) показав, що основні відмінності стосуються гнучкості їх застосування, рівня індивідуалізації освітнього процесу, взаємодії між учнем та вчителем, а також доступності та можливостей розвитку навичок саморегуляції, автономії, соціалізації. У змішаному навчанні ці технології забезпечують більшу автономність учня, адаптивність до індивідуальних потреб і розширюють доступ до навчальних ресурсів. Водночас традиційне навчання надає перевагу безпосередньому контролю з боку вчителя та підтримці соціальної взаємодії в класі.

Виявлені особливості використання імерсивних технологій в традиційному та у змішаному навчанні в ЗЗСО важливо враховувати при плануванні уроку, доборі засобів навчання для досягнення дидактичних цілей.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на формування і розвиток компетентностей вчителів щодо використання імерсивних технологій в ЗЗСО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Литвинова, С. Г., Буров, О. Ю., & Семеріков, С. О. (2020). Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 55, 46–62. https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62
2. Литвинова, С. Г., Сороко, Н. В., Баценко, С. В., Богачков, Ю. М., Гриб'юк, О. О., Дементієвська, Н. П. та ін. (2023a) *Проєктування освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей в закладах загальної середньої освіти*. Київ: ІЦО НАПН України. https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/738596/
3. Литвинова, С. Г., Сороко, Н. В., Богачков, Ю. М., Гриб'юк, О. О., Дементієвська, Н. П. та ін. (2023b). *Використання засобів доповненої та віртуальної реальностей в навчальному середовищі закладів загальної середньої освіти.* Київ: ІЦО НАПН України. https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734430/
4. Литвинова, С.Г. (2023). Використання сервісу доповненої реальності Blippbuider учителями природничо-математичних предметів в освітній практиці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, *1* (52), 98-106. https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.52.98-105
5. Рашевська, Н. В. (2024). Імерсивні технології навчання природничих дисциплін учнів старших класів закладів середньої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки,* (213), 223-228. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-222-228.
6. Рекомендації щодо впровадження змішаного навчання у закладах фахової передвищої та вищої освіти (2020). https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/2020/zmyshene%20navchanny/zmishanenavchannia-bookletspreads-2.pdf
7. Сороко, Н. (2024). *Особливості організації навчальних STEAM-проєктів із використанням імерсивних технологій*. *Фізико-математична освіта*, *2* (39), 51-59. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-07
8. Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 80-97. https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890
9. Azevedo, M.J., & Carvalho, A.A. (2024). Learning with virtual reality (VR) and augmented reality (AR). *Proceedings of the International Conference on Lifelong Education and Leadership for All (ICLEL 2023)*. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-380-1_11
10. Bailey, J. O., & Bailenson, J. N. (2017). Immersive virtual reality and the developing child. *Cognitive Development, 49*, 45-56. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809481-5.00009-2
11. Bernard, R. M., Borokhovski, E., Schmid, R. F., Tamim, R. M., & Abrami, P. C. (2014). A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: from the general to the applied. *Journal of Computing in Higher Education, 26*(1), 87-122. https://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3
12. Burov, O., & Pinchuk, O. (2022). *Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks' Mitigation. In: Person-oriented Approach (3L-Person 2021) co-located with 17th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2021),* 119-128. http://ceur-ws.org/Vol-3104/paper187.pdf
13. Dziuban, C., Graham, C. R., & Moskal, P. D. (2018). Blended learning: The new normal and emerging technologies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*(3), 1-16. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0087-5
14. Graham, C. R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of distance education* (3rd ed., pp. 333–350). New York, NY: Routledge.
15. Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning?. *TechTrends, 63*(5), 564-569. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5
16. Hughes , C.E., Stapleton, C.B., Hughes, D.E., & Smith, E.M. (2005). Mixed reality in education, entertainment, and training. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *25* (6), 24–30.
17. Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development, 66*(5), 1141-1164. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2
18. Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review, 19*(3), 309-326. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2
19. Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology, 109*(3), 431-433. https://doi.org/10.1111/bjop.12305
20. Top 10 Technology Trends in 2025 That Will Shape The Next Decade. https://cambridgeopenacademy.com/top-10-technology-trends-in-2025/
21. Yee, L., Chui, M., & Roberts, R. (2024). McKinsey Technology Trends Outlook 2024. https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#tech-trends-2024

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Lytvynova, S., Burov, O., & Semerikov, S. (2020). Conceptual approaches to the use of augmented reality tools in the educational process. *Modern information technologies and innovative teaching methods in training specialists: methodology, theory, experience, problems*, 55, 46–62. https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62 [in Ukrainian].
2. Lytvynova, S., Soroko, N., Batsenko, S., Bohachkov, Yu., Hrybiuk, O., Dementiievska, N., et al. (2023) *Designing an Educational Environment Using Augmented and Virtual Reality Tools in General Secondary Education Institutions*. Kyiv: IDE NAES of Ukraine. https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/738596/ [in Ukrainian].
3. Lytvynova, S., Soroko, N., Bohachkov, Yu., Hrybiuk, O., Dementiievska, N., et al. (2023). *The Use of Augmented and Virtual Reality Tools in the Educational Environment of General Secondary Education Institutions.* Kyiv: IDE NAES of Ukraine. https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734430/ [in Ukrainian].
4. Lytvynova, S. (2023). Using the Blippbuider augmented reality service by teachers of science and mathematics subjects in educational practice. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: "Pedagogy. Social work"*, *1* (52), 98-106. https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.52.98-105 [in Ukrainian].
5. Rashevska, N. (2024). Immersive technologies for teaching natural sciences to students of senior classes of secondary education institutions. *Proceedings. Series: Pedagogical sciences,* (213), 223-228. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-222-228. [in Ukrainian].
6. Recommendations regarding the implementation of mixed education in institutions of vocational pre-higher and higher education. 2020. https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/2020/zmyshene%20navchanny/zmishanenavchannia-bookletspreads-2.pdf [in Ukrainian].
7. Soroko, N. (2024). *Peculiarities of organizing educational STEAM projects using immersive technologies. Physical and mathematical education*, *2* (39), 51-59. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i2-07 [in Ukrainian].
8. Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12*(3), 80-97. https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890
9. Azevedo, M.J., & Carvalho, A.A. (2024). Learning with virtual reality (VR) and augmented reality (AR). *Proceedings of the International Conference on Lifelong Education and Leadership for All (ICLEL 2023)*. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-380-1_11
10. Bailey, J. O., & Bailenson, J. N. (2017). Immersive virtual reality and the developing child. *Cognitive Development, 49*, 45-56. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809481-5.00009-2
11. Bernard, R. M., Borokhovski, E., Schmid, R. F., Tamim, R. M., & Abrami, P. C. (2014). A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: from the general to the applied. *Journal of Computing in Higher Education, 26*(1), 87-122. https://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3
12. Burov, O., & Pinchuk, O. (2022). *Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks' Mitigation. In: Person-oriented Approach (3L-Person 2021) co-located with 17th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2021),* 119-128. http://ceur-ws.org/Vol-3104/paper187.pdf
13. Dziuban, C., Graham, C. R., & Moskal, P. D. (2018). Blended learning: The new normal and emerging technologies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*(3), 1-16. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0087-5
14. Graham, C. R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of distance education* (3rd ed., pp. 333–350). New York, NY: Routledge.
15. Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning?. *TechTrends, 63*(5), 564-569. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5
16. Hughes , C.E., Stapleton, C.B., Hughes, D.E., & Smith, E.M. (2005). Mixed reality in education, entertainment, and training. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *25* (6), 24–30.
17. Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development, 66*(5), 1141-1164. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2
18. Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review, 19*(3), 309-326. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2
19. Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology, 109*(3), 431-433. https://doi.org/10.1111/bjop.12305
20. Top 10 Technology Trends in 2025 That Will Shape The Next Decade. https://cambridgeopenacademy.com/top-10-technology-trends-in-2025/
21. Yee, L., Chui, M., & Roberts, R. (2024). McKinsey Technology Trends Outlook 2024. https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#tech-trends-2024

Матеріал надійшов до редакції 22.10.2024р.

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-06** УДК **378.147:[373.5.011.3-051:51]:159.955-021.412.1:005.336.2-027.561**

КРИТИЧНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МИСЛЕННЯ В СТРУКТУРІ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ

Ярослав ЧКАНА ✉
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна
chkana_76@ukr.net
https://orcid.org/0000-0003-3667-3584

Олена МАРТИНЕНКО
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна
elenamartova21@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8287-0573

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Вплив глобалізації на складність соціальних структур посилює значення розвитку критичного мислення у професійній підготовці майбутніх учителів математики. Ключовим елементом їх математичної компетентності є математичне мислення, яке включає не тільки знання та вміння, але й здатність до аналізу та вирішення складних проблем. Незважаючи на відсутність єдиної дефініції, сучасна наукова та педагогічна спільнота визнає його існування та важливість. Різні підходи до визначення поняття математичного мислення виявляють його специфічні характеристики, пов'язані з абстрактними об'єктами вивчення.

Критичне мислення, як невід'ємна складова математичної компетентності, сприяє цілеспрямованій розумовій діяльності, допомагає окреслювати проблеми, аналізувати інформацію та знаходити оптимальні рішення. Для формування ефективних освітніх підходів при навчанні майбутніх учителів математики актуальним є виявлення та обґрунтування взаємодоповнюваності критичного та математичного мислення при розв'язуванні математичних задач.

Матеріали і методи. У дослідженні використано такі теоретичні методи як системний аналіз дослідницьких праць вітчизняних і зарубіжних науковців, систематизація та узагальнення практичного досвіду.

Результати. У статті авторами наведена характеристика критичного та математичного мислення в структурі мисленнєвої діяльності при формуванні математичної компетентності майбутніх учителів математики. Виявлені основні відмінності цих типів мислення: абстракція та формалізованість математичного та системність і контекстуальність критичного. Описана специфіка різних аспектів математичного та критичного мислення, сформульована низка питань, які чіткіше розкривають їх унікальні характеристики при розв'язуванні математичних задач.

Висновки. Критичне та математичне мислення взаємно підтримують і підсилюють один одного, їх комплементарність створює синергетичний ефект, який забезпечує більш повне й ефективне розв'язування математичних задач. Урахування цих факторів при вдосконаленні наявних та розробці нових навчальних технологій сприятиме розвитку математичної компетентності майбутніх учителів математики.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *математична компетентність; критичного мислення; математичне мислення; математичні задачі; майбутні учителі математики.*

Для цитування:	Чкана Я., Мартиненко О. Критичне та математичне мислення в структурі математичної компетентності майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 41-45. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-06
	Чкана, Я., & Мартиненко, О. (2024). Критичне та математичне мислення в структурі математичної компетентності майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 41-45. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-06
For citation:	Chkana, Ya., & Martynenko, O. (2024). Critical and mathematical thinking in the structure of mathematical competence of future mathematics teachers. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 41-45. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-06
	Chkana, Ya., & Martynenko, O. (2024). Krytychne ta matematychne myslennia v strukturi matematychnoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky [Critical and mathematical thinking in the structure of mathematical competence of future mathematics teachers]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 41-45. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-06

✉ Corresponding author
© Ya. Chkana, O. Martynenko, 2024

CRITICAL AND MATHEMATICAL THINKING IN THE STRUCTURE OF MATHEMATICAL COMPETENCE OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Yaroslav CHKANA ✉
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine
chkana_76@ukr.net
https://orcid.org/0000-0003-3667-3584

Olena MARTYNENKO
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine
elenamartova21@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8287-0573

ABSTRACT

Formulation of the problem. The impact of globalization on the complexity of social structures underscores the importance of developing critical thinking in the professional training of future mathematics teachers. A key component of their mathematical competence is mathematical thinking, which encompasses not only knowledge and skills but also the ability to analyze and solve complex problems. Despite the lack of a single definition, the contemporary scientific and pedagogical community acknowledges the existence and significance of mathematical thinking. Various approaches to defining mathematical thinking reveal its specific characteristics, particularly its association with abstract objects of study.

Critical thinking, as an integral part of mathematical competence, facilitates purposeful intellectual activity, helping to delineate problems, analyze information, and find optimal solutions. Identifying and substantiating the complementarity of critical and mathematical thinking in solving mathematical problems is crucial for developing effective educational approaches in training future mathematics teachers.

Materials and Methods. The study employs theoretical methods such as systematic analysis of research by domestic and foreign scholars, as well as systematization and generalization of practical experience.

Results. The authors provide a characterization of critical and mathematical thinking within the cognitive activity structure during the formation of mathematical competence in future mathematics teachers. The main differences between these types of thinking are identified: abstraction and formalization in mathematical thinking, and systematic and contextual approaches in critical thinking. The study describes the specifics of various aspects of mathematical and critical thinking in solving mathematical problems and formulates a series of questions that further elucidate the unique characteristics of both types of thinking.

Conclusions. Critical and mathematical thinking mutually support and enhance each other, with their complementarity creating a synergistic effect that ensures more comprehensive and effective problem-solving in mathematics. Considering these factors in the refinement of existing and the development of new educational technologies will promote the growth of mathematical competence among future mathematics teachers..

KEYWORDS: *mathematical competence; critical thinking; mathematical thinking; mathematical problems; future mathematics teachers.*

ВСТУП

Постановка проблеми. Вплив глобалізації на розвиток сучасного суспільства у різних аспектах — інформаційному, технічному, соціальному, політичному – спричиняє укрупнення та ускладнення соціальних структур, що приводить до необхідності розуміння різних абстракцій і володіння критичним мисленням. У зв'язку з цим, одним із стратегічних завдань вищої педагогічної освіти є підготовка професійно компетентних учителів математики, здатних уникати стереотипів і знаходити нестандартні рішення в особистісній взаємодії та професійній діяльності. Це вимагає наявності у них високого рівня математичної компетентності, яка об’єднує в собі математичні знання, вміння їх застосовувати для розв’язання практичних і теоретичних проблем.

Аналіз актуальних досліджень. Ключовим елементом у структурі математичної компетентності майбутніх учителів математики, що є істотним аспектом когнітивного процесу пізнання та забезпечує їхню успішну практику в освітньому процесі, виступає математичне мислення. Дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних психологів і педагогів підтверджують, що воно є визначальним для досягнення ефективних навчальних результатів, систематизації знань, умінь і навичок. У психолого-педагогічній та методичній літературі відсутня єдина точка зору щодо визначення математичного мислення. При аналізі цього поняття виникають складні питання про його відношення до загальних положень та конкретних видів мислення. Деякі дослідники, зокрема, Л.С. Трегуб, Г. Фрейдепталь, взагалі відкидають ідею існування математичного мислення як такого, заявляючи, що його специфіка обумовлена виключно характером математичного матеріалу. На думку З.І. Слєпкань (2000) є необґрунтованим введення поняття математичного мислення з виділенням його особливостей та компонентів, а також ототожнення з логічним мисленням. Інші заперечують це, стверджуючи, що математичне мислення має свої особливості, воно пов'язане не з окремими методами, а швидше з об'єктами дослідження. Також слід зазначити, що дослідники, які відносяться до підходу Ж. Піаже, розглядають математичне мислення як складову логіко-математичного мислення, що ґрунтується на "абстракціях дії". Вони вважають, що формування математичного мислення відбувається на основі розвитку у дітей розумових дій, які відображають основні математичні структури.

Проте, сучасна світова наукова та педагогічна спільноти (APEC, 2006; Stacey, 2005). Науковці (Henderson et al., 2002; Mason et al., 2010; Blitzer, 2003) визнають існування поняття математичного мислення та активно досліджують різні його аспекти, зокрема, процеси формування математичного мислення у дітей і дорослих, вплив різних факторів на його

розвиток. При цьому розробляються відповідні підходи та методики навчання математики для забезпечення ефективного розвитку математичних навичок та вмінь особистості.

Дослідження даного питання дозволяє підсумувати, що не зважаючи на відсутність строгої дефініції поняття математичного мислення, воно вирізняється своїми характеристиками та особливостями, обумовленими специфікою об'єктів вивчення: вони не мають жодних матеріальних властивостей, а визначаються лише відношеннями між ними (кількісними, просторовими тощо). Математик А. Пуанкаре зазначав, що математика вивчає не предмети, а лише відношення між предметами; отже, для неї зовсім неважливо, чи будуть дані предмети замінені якими-небудь іншими, лише б не змінилися при цьому відношення між ними.

У цілому, процесу математичного мислення притаманні загальні якості наукового мислення (гнучкість, оригінальність, глибина, цілеспрямованість, раціональність, критичність, активність, ясність, точність, лаконічність мовлення та запису тощо).

У статті Я. Чкани та О. Мартиненко (2023) обґрунтовано, що критичне мислення є важливою складовою математичної компетентності майбутніх учителів математики. На основі порівняльного аналізу різних трактувань поняття критичного мислення в психології та педагогіці його інтерпретовано як окремий тип мислення, який визначає цілеспрямовану продуктивну розумову діяльність, що характеризується здатністю людини окреслювати проблему, самостійно знаходити й аналізувати необхідну інформацію, обґрунтовувати свої думки, прагнути до пошуку оптимальних рішень, бути відкритим до сприймання інших поглядів.

У контексті формування математичної компетентності майбутніх учителів математики постає питання взаємозв'язку та взаємозалежності математичного та критичного мислення, виявлення їх спільних якостей і відмінностей.

Метою статті є виявлення та обґрунтування взаємодоповнюваності критичного та математичного мислення у структурі математичної компетентності майбутніх учителів математики, що забезпечує глибший аналіз та ефективніше розв’язання математичних задач.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети дослідження були використані такі теоретичні методи як логіко-системний, порівняльний аналіз дослідницьких праць вітчизняних і зарубіжних науковців, узагальнення та систематизація науково-теоретичних і практичних даних, власного практичного досвіду.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Математичне та критичне мислення базуються на логіці й обґрунтуваннях, вимагають чіткого і систематичного аналізу для досягнення висновку або розв'язання проблеми. Крім того, вони включають в себе здатність до аналізу та розуміння складних інформаційних структур, що передбачає розбиття проблеми на частини, визначення взаємозв'язків і виявлення ключових факторів (рис. 1).

Рис. 1. Характеристика критичного та математичного мислення в структурі мисленнєвої діяльності

Джерело: авторська розробка

Основні відмінності між математичним і критичним мисленням можна узагальнити в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні відмінності між математичним і критичним мисленням

Математичне мислення		Критичне мислення	
Формалізованість	- оперує строго визначеними правилами, властивими математичним концепціям і методам; - вимагає точності і стандартизації у вирішенні проблем	**Контекстуальність**	- враховує контекст і специфіку ситуації, в якій воно використовується; - враховує соціальні, етичні і культурні аспекти прийняття рішень
Абстракція	- працює з абстрактними концепціями і моделями, що припускає розв'язання проблем без прямого застосування до реального світу	**Системність**	- включає в себе здатність до аналізу більш широких суспільних інтересів і взаємозв'язків, а не обмежуватися конкретними математичними концепціями

Джерело: авторська розробка.

Чіткіше розкрити унікальні характеристики математичного та критичного мислення, виявити сферу застосування кожного з них та встановити їх взаємозв'язок допомагає формулювання «правильних» питань при розв’язанні математичних задач.

Математичне мислення зосереджене на структурованому та логічному підході до вирішення задач, тому відповідні питання можуть бути такими:

– **Як структурувати проблему для її розв'язання?** (зосереджує увагу на необхідності розбиття задачі на частини та побудові моделі, яка відображає основні елементи задачі);

– **Які математичні інструменти та методи можна застосувати для розв'язання задачі?** (допомагає вибрати відповідні методи та підходи для аналізу та розв'язання конкретної задачі);

– **Як перевірити правильність розв'язання задачі?** (стосується важливості перевірки та обґрунтування отриманих результатів).

Щодо критичного мислення, яке орієнтоване на оцінку, інтерпретацію, аналіз і синтез інформації та включає розгляд різних точок зору й аргументів, то відповідні питання можуть бути сформульовані так:

– **Як оцінити достовірність джерел інформації?** (зосереджує увагу на аналізі джерел даних, оцінці їх надійності та визначенні релевантності);

– **Які аргументи підтримують або спростовують конкретну тезу?** (допомагає розглянути різні точки зору та оцінити силу аргументів);

– **Які можливі наслідки прийнятого рішення?** (сприяє оцінці потенційних впливів та наслідків певних дій або висновків).

Рис. 2. Специфіка різних аспектів математичного та критичного мислення при розв’язуванні математичних задач

Джерело: авторська розробка.

Проте, деякі питання відображають інтеграцію математичного та критичного мислення, підкреслюючи їх взаємозв'язок і взаємодоповнюваність:

– **Яким чином обраний метод розв'язання задачі впливає на достовірність отриманих результатів?** (допомагає оцінити методологічний підхід до задачі з точки зору критичного аналізу);

– **Як можна покращити модель розв'язання задачі, враховуючи можливі помилки та недоліки?** (спонукає до критичного аналізу та вдосконалення математичних моделей і рішень);

– **Які альтернативні підходи можна використовувати для розв'язання цієї задачі, які їх переваги та недоліки?** (стимулює критичне мислення при виборі найефективнішого методу розв'язання задачі).

Специфіку різних аспектів задіяності математичного та критичного мислення в контексті розв'язування математичних задач відображено на рис. 2.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У професійній підготовці майбутніх учителів математики критичне та математичне мислення відіграють взаємодоповнювальні ролі, їх взаємодія створює синергетичний ефект, який допомагає занурюватися в глибини математичних задач, підвищує здатність до їх розв'язування та відкриває нові горизонти пізнання. У цьому контексті важливість інтеграції критичного і математичного мислення підкреслюється ще й тим, що математичне мислення вимагає критичного підходу, а критичне мислення базується на логічних і математичних принципах. Критичне мислення комплементарно доповнює математичне, надаючи інструменти для оцінки й аналізу. Вони взаємозалежні, розвиток одного виду мислення сприяє зміцненню іншого. Ці обидва типи мислення є невід'ємними компонентами математичної компетентності, а їх органічне поєднання підвищує ефективність процесу розв'язування математичних задач. Подальші дослідження у цій галузі мають зосередитися на розробці технологій, які інтегрують критичне та математичне мислення в навчальний процес професійної підготовки майбутніх учителів математики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. APEC –Tsukuba (Organising Committee) (2006). First announcement. *International Conference on Innovative Teaching of Mathematics through Lesson Study*. CRICED, University of Tsukuba.
2. Blitzer, R. (2003). *Thinking mathematically*. New Jersey: Prentice Hall.
3. Halil, C. Ç., & Furkan, Ö. (2020). Mathematical Thinking as a Predictor of Critical Thinking Dispositions of Pre-service Mathematics Teachers. *International Journal of Progressive Education, 16* (4), 81 – 98. https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.268.6.
4. Henderson, P. B., Hichtner, L., Fritz, S. J., Marion, B., Scharff, C., Hamer, J., & Riedesel, C. (2002). Materials development in support of mathematical thinking. *ACM SIGCSE Bulletin, 35*(2), 185–190. https://doi.org/10.1145/782941.783001.
5. Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (2010). *Thinking mathematically* (Second edition). Harlow England: Pearson Education Limited.
6. Stacey, K. (2005). The place of problem solving in contemporary mathematics curriculum documents. *Journal of Mathematical Behavior, 24*, 341 – 350.
7. Марченко, В.С. (2017). *Підготовка майбутніх учителів фізико-математичних спеціальностей до розвитку математичного мислення учнів основної школи*: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Одеса.
8. Слєпкань З. І. (2000). *Методика навчання математики*: Підруч. для студ. мат. спеціальностей пед. навч. закладів. К.: Зодіак-ЕКО.
9. Чкана, Я., & Мартиненко, О. (2023). Критичне мислення як важлива складова математичної компетентності майбутніх учителів математики. *Освіта. Інноватика. Практика, 11*(5). С. 102–107. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-015.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. APEC –Tsukuba (Organising Committee) (2006). First announcement. *International Conference on Innovative Teaching of Mathematics through Lesson Study*. CRICED, University of Tsukuba.
2. Blitzer, R. (2003). *Thinking mathematically*. New Jersey: Prentice Hall.
3. Halil, C. Ç., & Furkan, Ö. (2020). Mathematical Thinking as a Predictor of Critical Thinking Dispositions of Pre-service Mathematics Teachers. *International Journal of Progressive Education, 16* (4), 81 – 98. https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.268.6.
4. Henderson, P. B., Hichtner, L., Fritz, S. J., Marion, B., Scharff, C., Hamer, J., & Riedesel, C. (2002). Materials development in support of mathematical thinking. *ACM SIGCSE Bulletin, 35*(2), 185–190. https://doi.org/10.1145/782941.783001.
5. Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (2010). *Thinking mathematically* (Second edition). Harlow England: Pearson Education Limited.
6. Stacey, K. (2005). The place of problem solving in contemporary mathematics curriculum documents. *Journal of Mathematical Behavior, 24*, 341 – 350.
7. Marchenko, V.S. (2017). *Pidhotovka maibutnikh uchyteliv fizyko-matematychnykh spetsialnostei do rozvytku matematychnoho myslennia uchniv osnovnoi shkoly [Preparation of future teachers of physical and mathematical specialties for the development of mathematical thinking of primary school students]*. dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.04. Odesa.
8. Sliepkan, Z. I. (2000). *Metodyka navchannia matematyky [Methods of teaching mathematics]*: Pidruch. dlia stud. mat. spetsialnostei ped. navch. zakladiv. K.: Zodiak-EKO.
9. Chkana, Ya., & Martynenko, O. (2023). Krytychne myslennia yak vazhlyva skladova matematychnoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky[Critical thinking as an important component of mathematical competence of future teachers of mathematics]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice, 11*(5), 102-107. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-015.

Матеріал надійшов до редакції 03.08.2024р.

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

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.
Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.

p-ISSN 2413-1571
e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571

https://fmo-journal.org/

DOI **10.31110/fmo2024.v39i5-07** УДК **371.3:004. 378.147**

РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ НАУКОВИХ І НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Наталя ЯСЬКОВА ✉
Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
natawaoleksuk25@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-5736-6877

Юрій ЛАБЖИНСЬКИЙ
Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
https://orcid.org/0000-0002-5440-0099

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У сучасному інформаційному суспільстві зростає значення цифрової компетентності для наукових і науково-педагогічних працівників. Оскільки цифрові технології постійно змінюються, фахівці змушені адаптуватися до нових інструментів та платформ. Проте існує значний розрив між потребами у цифрових навичках і їх фактичним рівнем у цій категорії професіоналів. Адаптація до різних форматів навчання та комунікації (онлайн-курси, вебінари, форуми) є важливою складовою сучасної цифрової компетентності.

Електронні соціальні мережі, як платформи для професійного спілкування, обміну знаннями та співпраці, можуть стати потужним інструментом для розвитку цих компетенцій. Водночас, недостатня обізнаність про можливості використання електронних соціальних мереж може стримувати їх ефективне застосування для професійного зростання. Багато наукових і науково-педагогічних працівників не знають, як оптимально використовувати ці платформи для обміну знаннями, встановлення контактів і співпраці з колегами. Це свідчить про необхідність системного підходу до формування цифрових компетенцій, що включає навчання, підтримку та забезпечення ресурсами. Таким чином, дослідження можливостей електронних соціальних мереж як інструментів розвитку цифрових компетенцій є актуальним і важливим кроком для подолання зазначеного розриву.

Матеріали і методи. Для проведення дослідження було використано комплекс методів, зокрема аналіз, синтез, порівняння, узагальнення для вивчення зарубіжної та вітчизняної наукової літератури щодо змісту ключових понять; порівняння, вивчення та узагальнення педагогічного досвіду з проблеми дослідження; термінологічний аналіз для уточнення тезаурусу дослідження.

Результати. Застосування електронних соціальних мереж позитивно впливає на розвиток компетентності наукових і науково-педагогічних працівників.

Висновки. Розвиток цифрової компетентності є необхідним для наукових і науково-педагогічних працівників, оскільки сучасні дослідження та освітні процеси дедалі більше залежать від технологій та онлайн-інструментів. Соціальні мережі надають можливості для професійного розвитку, обміну знаннями, співпраці та нетворкінгу, що сприяє формуванню цифрових компетенцій. Використання соціальних мереж може позитивно впливати на видимість наукових досягнень, полегшуючи доступ до нових інформаційних ресурсів і колег, що сприяє розвитку науки. Рекомендується впровадження тренінгів та семінарів, які фокусуються на практичному використанні електронних соціальних мереж, а також створення підтримуючих онлайн-спільнот для обміну досвідом..

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *електронні соціальні мережі; педагогічні працівники; науково-педагогічні працівники; науково-педагогічні дослідження; цифрова компетентність.*

Для цитування:	Яськова Н., Лабжинський Ю. Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами електронних соціальних мереж. *Фізико-математична освіта*, 2024. Том 39. № 5. С. 46-57. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-07
	Яськова, Н., & Лабжинський, Ю. (2024). Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами електронних соціальних мереж. *Фізико-математична освіта*, *39*(5), 46-57. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-07
For citation:	Yaskova, N., & Labzhynskyi, Yu. (2024). Development of digital competence among researchers and educational professionals through electronic social networks. *Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 46-57. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-07
	Yaskova, N., & Labzhynskyi, Yu. (2024). Rozvytok tsyfrovoi kompetentnosti naukovykh i naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv zasobamy elektronnykh sotsialnykh merezh [Development of digital competence among researchers and educational professionals through electronic social networks]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, *39*(5), 46-57. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-07

✉ Corresponding author
© N. Yaskova, Yu. Labzhynskyi, 2024

DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCE AMONG RESEARCHERS AND EDUCATIONAL PROFESSIONALS THROUGH ELECTRONIC SOCIAL NETWORKS

Nataliya YASKOVA ✉
Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
natawaoleksuk25@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-5736-6877

Yuriy LABZHYNSKYI
Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-5440-0099

ABSTRACT

Formulation of the problem. In today's information society, the importance of digital competence for researchers and academic educators is growing. As digital technologies continuously evolve, professionals are compelled to adapt to new tools and platforms. However, there exists a significant gap between the need for digital skills and their actual levels among this category of professionals. Adapting to various formats of learning and communication (online courses, webinars, forums) is a crucial component of modern digital competence.

Electronic social networks, as platforms for professional communication, knowledge exchange, and collaboration, can serve as powerful tools for developing these competencies. At the same time, a lack of awareness regarding the potential uses of electronic social networks may hinder their effective application for professional growth. Many researchers and academic educators do not know how to optimally utilize these platforms for knowledge sharing, networking, and collaboration with colleagues. This underscores the need for a systematic approach to developing digital competencies, which includes training, support, and resource provision. Therefore, exploring the opportunities of electronic social networks as tools for developing digital competencies is a relevant and important step toward bridging the identified gap.

Materials and methods. A combination of methods was employed for the research, including analysis, synthesis, comparison, and generalization to study both foreign and domestic scientific literature regarding the content of key concepts; comparison and examination of pedagogical experiences related to the research problem; and terminological analysis to clarify the research vocabulary.

Results. The application of electronic social networks has a positive impact on the development of competencies among researchers and educational professionals.

Conclusions. Developing digital competence is essential for researchers and educational professionals, as contemporary research and educational processes increasingly rely on technology and online tools. Social networks provide opportunities for professional development, knowledge sharing, collaboration, and networking, which foster the formation of digital competencies. The use of social networks can positively influence the visibility of scientific achievements, facilitating access to new information resources and colleagues, thereby contributing to the advancement of science. It is recommended to implement training sessions and seminars focusing on the practical use of electronic social networks, as well as to create supportive online communities for knowledge exchange.

KEYWORDS: *electronic social networks; educational professionals; research educators; educational research; digital competence.*

ВСТУП

Постановка проблеми. Нині, цифрова компетентність стала необхідною навичкою для людей будь-якого віку та професії. Відкриті освітньо-наукові інформаційні системи (ВОНІС) виступають значущим інструментом у процесі розвитку цифрової грамотності, надаючи вільний доступ до високоякісних освітніх та наукових ресурсів. Використання цифрових технологій розширює можливості як для генерування нових знань, так і для їх обміну, що сприяє цифровому розширенню прав та можливостей.

Використання сучасних цифрових інструментів і відкритих освітніх ресурсів сприяє розвитку цифрової компетентності, необхідної для успішної діяльності у цифровому світі. Електронні соціальні мережі виступають платформами для професійної комунікації, обміну знаннями та співпраці, сприяючи розвитку цифрових компетенцій.

Важливо зазначити, що ефективне використання ВОНІС для розвитку цифрової компетентності потребує ретельного планування, підготовки та підтримки з боку викладачів, адміністраторів та інших зацікавлених сторін. Розвиток цифрової компетентності потребує систематичного і комплексного підходу, який охоплює всі аспекти навчальної, методичної, дослідницької та організаційно-виховної діяльності. Важливою складовою розвитку цифрової компетентності є практичний досвід, тому користувачам потрібно застосовувати здобуті знання та навички на практиці, наприклад, через застосування електронних соціальних мереж. З огляду на зазначене електронні соціальні мережі можуть бути потужним інструментом для розвитку різних складників цифрової компетентності.

Аналіз актуальних досліджень. У результаті аналізу публікацій та матеріалів вітчизняних і зарубіжних учених були виявлені ключові аспекти використання електронних соціальних мереж для оцінки результатів науково-педагогічних досліджень. Дослідження були класифіковані відповідно до тематичних напрямів, зокрема:

- *Методологічні питання:* проведення, оцінка якості та впровадження результатів педагогічних досліджень, а також інформаційно-аналітична підтримка (Биков, 2020; Іванова, 2018; Яцишин & Коваленко, 2016; Aboagye et al., 2020; Androshchuk & Androshchuk, 2017; Bartling & Friesike, 2015; Hume et al., 2020);

● *Інформаційні системи:* проблеми створення та впровадження інформаційних систем для планування наукових досліджень у сфері освіти (Биков & Лещенко, 2016; Буров та ін., 2020; Карплюк, 2019; Ayris, 2017; Banks et al., 2016; Kovalenko et al., 2021; Mirowski, 2018);

● *Використання електронних соціальних мереж:* питання застосування цих мереж у галузі освіти (Гуревич, 2012; Іванова та ін., 2019; Івашньова, 2012; Кучаковська, 2015; Литвинова, 2017; Пінчук, 2016; Олексюк & Лебеденко. 2016; Спірін та ін.,2016; Яцишин & Яськова, 2016);

● *ІКТ для моніторингу:* проблеми використання інформаційно-комунікаційних технологій для моніторингу впровадження результатів досліджень у педагогічних і психологічних науках (Гаврілова & Топольник, 2017; Жалдак, 2005; Іванова, 2018; Спірін, 2009; Спірін & Овчарук, 2021; Buinytska & Vasylenko, 2020; Vakaliuk et al., 2024; Zalite & Zvirbule, 2020).

Також автор статті вже публікував матеріали, присвячені питанням використання електронних соціальних мереж.

Незважаючи на численні науково-методичні праці, присвячені використанню електронних соціальних мереж у сфері освіти та науки, недостатнє дослідження цих аспектів може призвести до невизначеності у питаннях підготовки фахівців, їхньої здатності ефективно використовувати нові технології в науковій діяльності, а також у їхньому професійному зростанні. Вивчення ролі платформ ResearchGate і Academia.edu не лише в контексті оцінки результативності, але й у плані розвитку цифрових навичок, є актуальним для подальших досліджень і може допомогти усунути існуючі прогалини у знаннях. Тому вважаємо цю проблему актуальною і такою, що потребує спеціального дослідження.

Мета статті. Визначення особливостей розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами електронних соціальних мереж.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети дослідження та отримання об'єктивних результатів були використані наступні методи:

1. Аналіз: Дослідження наукової літератури та існуючих джерел щодо цифрової компетентності, електронних соціальних мереж і їхнього впливу на професійну діяльність науковців.
2. Синтез: Узагальнення отриманих даних для формування цілісного уявлення про стан розвитку цифрових компетенцій у науковому середовищі.
3. Порівняння: Вивчення досвіду різних країн та установ у впровадженні електронних соціальних мереж для розвитку цифрових навичок, з метою виявлення найефективніших практик.

Завдяки використанню цих методів, дослідження забезпечує комплексний підхід до вивчення цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників у контексті електронних соціальних мереж.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У сучасному академічному середовищі цифрова компетентність стає невід'ємною частиною професійної діяльності наукових і науково-педагогічних працівників. Електронні соціальні мережі відіграють ключову роль у цьому процесі, надаючи платформу для комунікації, співпраці та обміну знаннями.

Для нашого дослідження важливо було визначити основні дефініції. Розглянемо термін «компетентність» з метою подальшого визначення поняття «цифрова компетентність». У Законі України «Про вищу освіту» термін «компетентність» визначено як динамічну комбінацію знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти (Спірін & Овчарук, 2021).

Загальне визначення цифрової компетентності надане вітчизняними вченими – це «здатність особистості впевнено та ґрунтовно користуватися засобами цифрових технологій у таких сферах, як професійна діяльність і працевлаштування, освіта, дозвілля, громадська діяльність, що є життєво необхідними для участі у щоденному соціально-економічному житті». Найбільш поширеними засобами є комп’ютери, мобільні телефони та інші Інтернет-пристрої, зокрема пристрої Інтернету речей, навігаційні системи, накопичувальні й аудіовізуальні системи, програмно-апаратні засоби віртуальної та доповненої реальності, штучного інтелекту, а також засоби комп’ютерних і інших телекомунікаційних мереж (Спірін & Овчарук, 2021).

У нашому дослідженні важливо було описати визначення «інформаційно-комунікаційні технології», які є досить поширеною дефініцію. Згідно з визначенням сучасної інформаційної технології, запропонованим М. Жалдаком (2005) інформаційно-комунікаційні технології представляють собою сукупність методів, засобів і прийомів, які використовуються для розробки інформаційних систем і створення комунікаційних мереж. До того ж, вони охоплюють технології формалізації та вирішення завдань у конкретних предметних галузях за допомогою цих систем і мереж.

Отже, цифрові та інформаційно-комунікаційні технології відіграють ключову роль у трансформації сучасного суспільства, сприяючи розвитку нових форм взаємодії, навчання та роботи. Вони забезпечують доступ до великої кількості інформації, полегшують комунікацію між людьми і організаціями, а також створюють можливості для інновацій у різних сферах, таких як освіта, наука, бізнес і культура.

Здійснивши аналіз вітчизняних і закордонних наукових праць зроблено висновок про те, що однозначність у трактуванні поняття «розвиток цифрової компетентності» наразі, відсутня, тому у нашій роботі під цим поняттям будемо розуміти, що це процес набуття, вдосконалення та застосування знань, навичок і умінь для ефективного використання цифрових технологій у різних сферах життя. Це включає здатність використовувати інформаційно-комунікаційні та цифрові технології для доступу до знань, їх аналізу, створення контенту, взаємодії в онлайн-середовищі та здійснення безпечних і етичних практик в інтернеті.

Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників є систематичним процесом, відповідно до потреб розвитку цифрового суспільства, що передбачає здатність опанування нових знань, удосконалення

вмінь і навичок, набуття нового досвіду використання цифрових технологій шляхом цілеспрямованого навчання, підвищення кваліфікації, саморозвитку і самовдосконалення. Ця компетентність є результатом, який досягає суб'єкт освітнього процесу внаслідок навчального саморозвитку.

Шляхи та методи формування цифрової компетентності, передбачені Концепцією розвитку цифрових компетентностей, включають здобуття цифрової освіти через використання інформаційних ресурсів, впровадження сучасних освітніх технологій і цифрових освітніх ресурсів; забезпечення постійного вдосконалення професійних цифрових компетентностей для фахівців у системі підвищення кваліфікації в різних сферах; створення Єдиного державного вебпорталу цифрової освіти «Дія. Цифрова освіта»; а також розробку заходів для впровадження цифрових каналів поширення інформації, таких як телебачення, соціальні мережі та інтернет-трансляції (Іванова та ін., 2020).

Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників через електронні соціальні мережі є необхідним для забезпечення їхньої конкурентоспроможності у глобальному інформаційному просторі. Використання цих платформ сприяє не лише професійному розвитку, а й підвищенню видимості наукових досягнень, що, в свою чергу, може призвести до нових можливостей для співпраці та фінансування досліджень.

Застосовування професійних соціальних мереж дозволяє встановити нові контакти, що може сприяти співпраці в рамках дослідницьких проектів. Також наукові та науково-педагогічні працівники можуть брати участь у міжнародних конференціях через платформи, такі як Zoom або Microsoft Teams, для обміну знаннями та налагодження професійних контактів. Різноманітні професійні електронні мережі, зокрема ResearchGate та Academia.edu дозволяють поширювати результати досліджень та залучати колег до їх обговорення, що сприяє поширенню наукової інформації.

Отже, у процесі дослідження було визначено, що розвиток цифрової компетентності є критично важливим для наукових і науково-педагогічних працівників у сучасному інформаційному суспільстві. Адаптація до швидко змінюваних технологій та ефективне їх використання в професійній діяльності відкриває нові можливості для досліджень, комунікації та співпраці. Таким чином, для успішного впровадження цифрових технологій у науковій діяльності необхідно забезпечити відповідну підготовку фахівців, створити сприятливе середовище для співпраці та активізувати обмін інформацією. Це стане основою для підвищення якості досліджень та формування нових наукових підходів у різних галузях знань.

Електронні соціальні мережі є важливим інструментом, що сприяє підтримці комунікації мільйонів людей в інтернет-просторі завдяки великій кількості зареєстрованих користувачів. Ці платформи забезпечують можливість обміну інформацією, налагодження професійних контактів і створення спільнот, що об'єднують людей з подібними інтересами та професійною діяльністю.

Завдяки своїй доступності та функціональності, соціальні мережі не лише полегшують взаємодію між користувачами, але й стають майданчиком для обміну знаннями, ідеями та досвідом. Вони відіграють важливу роль у популяризації наукових досягнень, обговоренні актуальних проблем та створенні умов для співпраці в науковій сфері. Оскільки цифрова комунікація стає дедалі більш важливою, електронні соціальні мережі здатні слугувати каталізатором для розвитку нових форм взаємодії в професійному середовищі (Олексюк & Лебеденко, 2015).

Доцільно підкреслити, що електронні соціальні мережі класифікуються за кількома критеріями. По-перше, за типом: існують мережі для пошуку друзів, бізнес-мережі, платформи, що базуються на відео, аудіо та фото, а також нішеві мережі, які призначені для специфічно визначених груп користувачів, наприклад, мережа Хабрахабр, що орієнтована на фахівців у галузі IT.

Більшість сучасних соціальних мереж є відкритими для всіх, хоча деякі з них функціонують як «закриті» платформи, що вимагають обов'язкового запрошення для доступу. Також мережі можна умовно розділити за географічною орієнтацією на глобальні, національні та регіональні.

Крім того, за рівнем розвитку соціальні мережі поділяються на три основні категорії: Web 1.0 — соціальні мережі з базовим функціоналом, Web 2.0 — мережі, що пропонують розширені можливості для спілкування та взаємодії, і Web 3.0 — мережі майбутнього, які прагнуть вирішувати конкретні проблеми та підвищувати лояльність як існуючих, так і потенційних користувачів. Ця класифікація допомагає краще зрозуміти різноманіття платформ і їх функціональні можливості в контексті сучасної цифрової комунікації (Олексюк & Лебеденко, 2015).

Для розвитку цифрової компетентності наукових та науково-педагогічних працівників ефективним є використання різних електронних соціальних мереж, які забезпечують можливості для обміну знаннями, професійної взаємодії та співпраці. В табл. 1 здійснено аналіз їх особливостей та переваг застосування для розвитку цифрової компетентності наукових та науково-педагогічних працівників.

Таблиця 1. Особливості застосування електронних соціальних мереж для розвитку цифрової компетентності наукових та науково-педагогічних працівників

Назва мережі	***Мета***	***Застосування***	***Призначення***	***Форма взаємодії***	***Особливості та функції***
LinkedIn	Професійна мережа для створення контактів, обміну досвідом та пошуку нових можливостей	Публікація професійних досягнень, участь у групах за інтересами, обговорення актуальних тем у науці та освіті	Професійна мережа	Публікації, коментарі, приватні повідомлення, групи	• Можливість створення професійного профілю з досвідом, навичками та досягненнями. • Додавання колег і партнерів для розширення мережі. • Участь у професійних групах за інтересами. • Пошук вакансій та рекрутинг.

Назва мережі	*Мета*	*Застосування*	*Призначення*	*Форма взаємодії*	*Особливості та функції*
					• Доступ до онлайн-курсів через LinkedIn Learning, що дозволяє користувачам підвищувати свої навички та знання.
ResearchGate	Платформа для науковців, що дозволяє обмінюватися публікаціями, ставити запитання та знаходити колег за спільними інтересами	Публікація результатів досліджень, обговорення статей, отримання відгуків	Платформа для науковців	Завантаження публікацій, обговорення, коментарі	• Можливість завантажувати та ділитися науковими статтями. • Обговорення тем досліджень, отримання порад від колег. • Отримання статистики про перегляди та цитування ваших публікацій. • Доступ до новин, подій та конференцій, пов'язаних з науковою діяльністю.
Academia.edu	Соціальна мережа для науковців, яка дозволяє ділитися своїми дослідженнями та отримувати доступ до роботи інших	Завантаження статей, обговорення та підписка на новини у вашій галузі	Соціальна мережа для науковців	Публікації, фолловінг інших користувачів	• Створення профілю з публікаціями та дослідженнями. • Можливість підписуватися на колег для отримання оновлень. • Коментування та обговорення наукових робіт. • Можливість відслідковувати аналітичні дані про цитування. • Пропонує рекомендації щодо публікацій та авторів на основі інтересів користувача, що полегшує пошук нових матеріалів.
Twitter	Швидка платформа для обміну новинами та думками	Слідкування за науковими організаціями, участь у дискусіях та обговореннях через хештеги (наприклад, #AcademicTwitter)	Соціальна платформа для швидкого обміну інформацією	Твітти, ретвіти, відповіді, хештеги	• Публікація коротких повідомлень та новин. • Використання хештегів для участі в дискусіях. • Поширення корисного контенту від інших користувачів. • Відповіді на твіти, лайки та коментарі. • Можливість популяризувати свої дослідження, статті і наукові досягнення, залучаючи ширшу аудиторію. • Джерело новин і інформації про події в науковій та академічній спільноті, включаючи конференції, семінари та нові публікації.
Facebook	Соціальна мережа, що дозволяє створювати групи та спільноти	Участь у групах за інтересами, обговорення актуальних питань у науці та освіті	Загальна соціальна мережа	Групи, публікації, коментарі	• Створення та участь у тематичних групах. • Можливість ділитися контентом, фото та новинами. • Коментування постів та взаємодія з іншими учасниками. • Можливість ділитися посиланнями на статті, публікації та новини з наукової сфери, що сприяє поширенню знань.

Назва мережі	*Мета*	*Застосування*	*Призначення*	*Форма взаємодії*	*Особливості та функції*
					• Організація наукових заходів, зокрема конференцій, семінарів та інших подій. • Для науковців і організацій є можливість використовувати рекламу для просування своїх проектів, публікацій та заходів серед цільової аудиторії.
YouTube	Відеоплатформа для публікації навчального контенту	Створення відеоуроків, вебінарів або презентацій, що популяризують наукові досягнення	Відеоплатформа	Лайки, коментарі, підписка на канали	• Завантаження та перегляд відео, створення навчального контенту. • Створення власних каналів для публікації відео. • Взаємодія з глядачами через коментарі. • Використання відео для пояснення складних тем, демонстрації експериментів або обговорення нових досягнень у науці. • Можливість оцінити популярність своїх відео, дізнатися про демографію глядачів і їхню активність.
Slack	Інструмент для командної роботи та спілкування	Створення каналів для обговорення проектів, обміну ідеями та ресурсами	Інструмент для командної роботи	Канали для спілкування, приватні повідомлення	• Створення тематичних каналів для спілкування. • Легке обмінювання документами та матеріалами. • Можливість спілкування в режимі реального часу. • Користувачі можуть легко завантажувати та ділитися документами, таблицями, презентаціями та іншими файлами, що робить спільну роботу ефективнішою.
Discord	Платформа для створення спільнот, яка підтримує текстове та голосове спілкування	Організація віртуальних семінарів, обговорень та співпраці в реальному часі	Платформа для спілкування в реальному часі	Чати, голосові розмови, обговорення	• Створення простору для спілкування в реальному часі. • Платформа дозволяє створювати спільноти навколо спільних інтересів, що робить її ідеальною для наукових груп, де учасники можуть обмінюватися дослідженнями, ідеями та ресурсами. • Проведення віртуальних зустрічей.
Mendeley	Платформа для управління бібліографією та співпраці між дослідниками	Зберігання досліджень, створення бібліографій та обговорення наукових статей	Платформа для управління бібліографією	Управління документами, обговорення статей	• Організація наукових статей та створення бібліографій. • Можливість працювати над документами з іншими користувачами. • Доступ до наукових робіт та статей. • Синхронізація бібліотек на різних пристроях, що забезпечує доступ до матеріалів в будь-який час і в будь-якому місці.

Назва мережі	*Мета*	*Застосування*	*Призначення*	*Форма взаємодії*	*Особливості та функції*
					• Має соціальну мережу, де користувачі можуть знаходити інших дослідників, слідкувати за їхньою діяльністю та обмінюватися знаннями. • Надає інструменти для аналізу наукової діяльності, такі як кількість цитувань, індекси впливу та інші метрики.
TikTok	Соціальна мережа для коротких відео	Створення контенту, що популяризує науку та освіту у цікавій формі. Вибір мереж залежить від цілей та аудиторії. Важливо експериментувати з різними платформами та обирати ті, які найкраще відповідають вашим потребам	Соціальна мережа для коротких відео	Лайки, коментарі, поширення відео	• Створення та обмін коротким контентом. • Використання популярних трендів для залучення аудиторії. • Взаємодія з глядачами та обговорення контенту. • Використання хештегів допомагає підвищити видимість контенту, дозволяючи користувачам знаходити відео за певними темами або трендами. • Платформа часто стає місцем для популяризації наукових ідей через різноманітні тренди та виклики, що може залучити більше молоді до навчання.

Джерело: авторська розробка.

Отже, цифрові та інформаційно-комунікаційні технології відіграють ключову роль у сучасному науковому та освітньому середовищі, забезпечуючи нові можливості для комунікації, співпраці та обміну знаннями. Соціальні мережі, такі як LinkedIn, ResearchGate, Academia.edu, Discord та інші, сприяють розвитку професійних зв'язків, обміну досвідом та популяризації наукових досягнень.

Кожна платформа має свої особливості та функції, що дозволяє науковцям адаптувати їх до своїх потреб. Використання електронних соціальних мереж не лише підвищує ефективність спілкування, але й сприяє розвитку цифрової компетентності, що є життєво необхідним для успішної діяльності в умовах сучасного інформаційного суспільства.

Варто наголосити, що електронні соціальні мережі мають спільні та відміні ознаки, які можуть значно сприяти розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників, зокрема:

LinkedIn. Електронна соціальна мережа має на меті фокус на розвиток кар'єри та професійного зростання науково та науково-педагогічного працівника, а також встановленню професійних контактів та пошуку співпраці. Така співпраця надає можливість отримувати та надавати рекомендації від колег, здійснювати просування власного проєкту чи установи тощо.

ResearchGate. Дана мережа орієнтована виключно на науковців і дослідження. Наукові та науково-педагогічні працівники можуть отримувати коментарі та відгуки на свої публікації, а також здійснювати безпосередню комунікацію з колегами.

Academia.edu. Дослідники можуть завантажувати свої роботи та ділитися ними. Також в електронній соціальній мережі наукові та науково-педагогічні працівники мають можливість переглядати статистику впливу їхніх публікацій, а також створювати професійні зв'язки через взаємодію з іншими науковцями.

Twitter - ідеальна платформа для оперативного обміну новинами та ідеями. Платформа дозволяє ділитись власними новинами, проектами, різноманітними заходами із використанням хештегів, що дозволяє долучатися до актуальних дискусій.

Facebook. Наукові та науково-педагогічні працівники мають можливість створювати різноманітні спільноти та здійснювати обговорення досліджень серед великої кількості людей.

YouTube підходить для навчання та популяризації наукових ідей через відео, де наукові та науково-педагогічні працівники можуть створювати цілі курси у форматі відео, а також висвітлювати етапи проведення дослідження.

Slack – платформа, яка створена для спільної роботи над проектами. Її застосування надає можливість організувати дискусії за різними темами.

Discord допомагає обговорювати спільні дослідження та наукові праці через текстові та голосові канали, а також надає можливість проводити відеоконференції.

Mendeley призначена для зберігання та організації наукових статей та автоматичне формування бібліографій.

TikTok – сучасна молодіжна платформа, яку наукові та науково-педагогічні працівники можуть використовувати для швидкого залучення уваги до свого проєкту чи дослідження завдяки популярним відео.

Отже, варто наголосити, що різні соціальні мережі можуть сприяти розвитку цифрових навичок наукових працівників, допомагаючи їм адаптуватися до змін у професійному середовищі та залишатися актуальними в умовах стрімкого розвитку технологій.

Саме тому, для ефективного розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників необхідно враховувати низку ключових аспектів, які можуть суттєво сприяти їхньому професійному зростанню в умовах сучасного інформаційного середовища. Використання електронних соціальних мереж, таких як LinkedIn, ResearchGate та Academia.edu, відкриває нові можливості для професійного спілкування Науковці мають змогу ділитися своїми досягненнями, обговорювати актуальні проблеми та встановлювати контакти з колегами, що сприяє формуванню наукової спільноти та активізації професійної взаємодії.

Крім того, цифрові платформи, такі як Slack і Discord, забезпечують ефективні засоби для командної роботи, обміну ідеями та реалізації спільних проектів. Це дозволяє науковцям організовувати спільні дослідження, брати участь у конференціях і публікувати результати колективних зусиль. Взаємодія через ці платформи не лише полегшує комунікацію, але й сприяє генерації нових ідей, підвищує якість досліджень і формує інноваційний підхід до вирішення наукових задач.

Використання інструментів, таких як Mendeley для бібліографічного менеджменту, Google Drive для спільної роботи над документами та YouTube для розробки навчальних матеріалів, стало невід'ємною складовою сучасної наукової практики. Опанування цих технологій є критично важливим для підвищення продуктивності та ефективності наукової діяльності. Ці інструменти не лише спрощують процес управління науковими публікаціями та ресурсами, але й сприяють колективній роботі, що особливо актуально в умовах міждисциплінарних досліджень. Наприклад, Google Drive дозволяє науковцям спільно редагувати документи в режимі реального часу, що покращує комунікацію та пришвидшує процес обміну ідеями. Крім того, YouTube виступає важливим ресурсом для поширення наукових знань, адже за допомогою відеоматеріалів дослідники можуть доносити складні концепції до широкої аудиторії, що сприяє популяризації науки та залученню нових дослідників. Таким чином, інтеграція сучасних цифрових інструментів у наукову діяльність значно розширює можливості дослідників і підвищує якість їх роботи.

Розвиток цифрової компетентності передбачає вміння критично оцінювати інформацію, що надходить з різних джерел. Навчання навичкам інформаційної грамотності допомагає дослідникам і педагогам розрізняти надійні джерела від ненадійних, що є особливо важливим у часи інформаційного перевантаження. Також важливо забезпечити навчання, яке дозволить науковцям і педагогам освоювати нові технології у процесі їх використання, а не лише в теорії. Це може включати вебінари, тренінги, курси підвищення кваліфікації, а також активну взаємодію в соціальних мережах та професійних платформах. Таким чином, розвиток цифрової компетентності стає не лише питанням технічних знань, а й культурною практикою, яка підвищує загальну ефективність наукової і педагогічної діяльності.

Варто наголосити, що наукові організації можуть відігравати важливу роль у розвитку цифрової компетентності, впроваджуючи програми підвищення кваліфікації, організовуючи тренінги та надаючи доступ до необхідних ресурсів. Крім того, наукові організації можуть створювати середовища для колективного навчання та обміну досвідом, що дозволяє їхнім співробітникам не лише підвищувати свої навички, але й підтримувати активні професійні мережі. Це, в свою чергу, сприяє формуванню культури безперервного навчання та адаптації до швидко змінюваного цифрового середовища, що є ключовим фактором успішної наукової діяльності у сучасних умовах.

Отже, розвиток цифрової компетентності являє собою складний та багатогранний процес, який охоплює навчання, професійну комунікацію, співпрацю та постійну адаптацію до нових технологічних умов. Ці елементи сприяють ефективній інтеграції цифрових технологій в наукову діяльність і освітній процес, забезпечуючи науковцям і педагогам можливості для оптимізації їх роботи, покращення продуктивності та підвищення якості освітніх і дослідницьких результатів.

У зв'язку з цим важливо постійно оновлювати знання та навички, активно залучатися до професійних спільнот і використовувати доступні ресурси для розвитку в цій сфері. Це дозволить адаптуватися до швидко змінюваного цифрового середовища, забезпечуючи конкурентоспроможність та інноваційність у науковій і освітній діяльності.

Проаналізувавши різноманітні електронні соціальні мережі, що сприяють розвитку цифрової компетентності наукових та науково-педагогічних працівників, доцільно описати декілька практичних порад щодо їх використання, які наведено в табл. 2

Таблиця 2. Практичні поради для наукових та науково-педагогічних працівників для розвитку цифрової компетентності засобами електронних соціальних мереж

Назва мережі	***Рекомендація***
LinkedIn	➢ Використовуйте платформу для створення професійного профілю, який підкреслює ваші досягнення та навички. ➢ Активно долучайтеся до професійних груп і обговорень, щоб розширити мережу контактів і отримати нові знання. ➢ Регулярно оновлюйте свій профіль, додаючи нові досягнення, проекти та публікації. ➢ Діліться своїми думками та дослідженнями, щоб продемонструвати експертизу.
ResearchGate	➢ Регулярно завантажуйте свої публікації та дослідження, щоб підвищити видимість своїх робіт. ➢ Використовуйте функцію запитів, щоб отримати зворотний зв’язок від колег та залучати їх до співпраці. ➢ Підписуйтеся на колег, щоб бути в курсі їхніх нових публікацій.

Назва мережі	*Рекомендація*
Academia.edu	➢ Завантажуйте свої наукові статті та монографії, а також слідкуйте за впливом ваших публікацій через аналітичні інструменти. ➢ Долучайтеся до тематичних дискусій, щоб знайти однодумців та обмінюватися досвідом. ➢ Додайте всі свої публікації та дослідження. ➢ Використовуйте аналітику для оцінки впливу своїх робіт.
Twitter	➢ Використовуйте хештеги для участі в актуальних наукових дискусіях та для обміну новинами. ➢ Підписуйтеся на профілі інших науковців та організацій, щоб залишатися в курсі останніх тенденцій у вашій галузі. ➢ Публікуйте короткі коментарі або посилання на цікаві статті
Facebook	➢ Створюйте або приєднуйтеся до закритих груп, де можна обговорювати специфічні теми та ділитися ресурсами з колегами. ➢ Використовуйте платформу для організації заходів та вебінарів, щоб залучати ширшу аудиторію. ➢ Діліться статтями, ресурсами та своїми дослідженнями. ➢ Оновлюйте свій профіль.
YouTube	➢ Розробляйте відеоматеріали для популяризації наукових досягнень і навчальних курсів. ➢ Публікуйте лекції та семінари, щоб забезпечити доступ до знань для більшої кількості студентів і колег. ➢ Діліться знаннями у форматі відеоуроків або презентацій. ➢ Використовуйте запитання у коментарях, щоб активізувати обговорення. ➢ Запрошуйте колег до спільних проектів або інтерв'ю.
Slack	➢ Використовуйте платформу для організації командної роботи над проектами, обміну ідеями та документами. ➢ Налаштуйте канали для різних тем, щоб полегшити комунікацію в рамках дослідницької групи. ➢ Підключайте інші інструменти (наприклад, Google Drive) для зручності співпраці. ➢ Використовуйте платформу для щоденного або щотижневого обміну ідеями та прогресом.
Discord	➢ Створюйте текстові та голосові канали для різних груп або проектів. ➢ Регулярно організовуйте голосові чи відео зустрічі для обговорення ідей. ➢ Запрошуйте колег до участі в обговореннях.
Mendeley	➢ Використовуйте цей інструмент для ефективного управління бібліографією та зберігання наукових статей. ➢ Долучайтеся до груп для обговорення літератури та обміну ресурсами. ➢ Діліться бібліотеками з іншими дослідниками для спільної роботи. ➢ Автоматично формуйте бібліографії для своїх публікацій.
TikTok	➢ Створюйте короткі відео, які пояснюють складні наукові концепції доступною мовою для молодіжної аудиторії. ➢ Залучайте увагу, використовуючи актуальні тренди та хештеги. ➢ Використовуйте платформу для залучення уваги до наукових проектів та ініціатив. ➢ Спробуйте залучити молодших дослідників до обговорень.

Джерело: авторська розробка.

Таким чином, електронні соціальні мережі мають суттєве значення для розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників. Вони не лише забезпечують доступ до нових знань і ресурсів, але й сприяють професійному зростанню, підвищуючи ефективність наукової діяльності. Використання цих платформ у щоденній практиці може стати критично важливим чинником для досягнення успіху в кар'єрі в умовах цифрової трансформації. Це зокрема включає можливість для науковців вести активний обмін досвідом, налагоджувати контакти з колегами та отримувати доступ до актуальних досліджень і новітніх технологій. Таким чином, електронні соціальні мережі стають важливим інструментом не лише для індивідуального розвитку, а й для формування динамічної та інтегрованої наукової спільноти.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Розвиток цифрової компетентності серед наукових і науково-педагогічних працівників є критично важливим для їхньої професійної діяльності в умовах сучасного інформаційного суспільства. Електронні соціальні мережі виявилися ефективними платформами для обміну знаннями, професійної комунікації та розвитку колаборацій, що сприяє підвищенню цифрових навичок науковців. Електронні соціальні мережі виявилися ефективними платформами для обміну знаннями, професійної комунікації та розвитку колаборацій, що сприяє підвищенню цифрових навичок науковців. Існуючі бар'єри, такі як брак часу, недостатня обізнаність та опір новим технологіям, ускладнюють ефективне використання соціальних мереж. Це потребує спеціальних заходів для їх подолання. Програми навчання та тренінги, спрямовані на

розвиток цифрових компетенцій, є важливими для підвищення обізнаності та впевненості науковців у використанні електронних соціальних мереж.

Електронні соціальні мережі дозволяють науковцям створювати професійні мережі, що сприяє обміну ідеями та спільним дослідженням. Соціальні мережі надають платформу для обміну науковими публікаціями, дослідницькими матеріалами та новинами у галузі. Використання таких платформ як ResearchGate і Academia.edu дозволяє науковцям підвищити видимість своїх досліджень, залучаючи увагу колег і потенційних партнерів. Участь у професійних групах і форумах забезпечує можливість для безперервного навчання, обміну практиками та новими методами роботи.

Подальші дослідження можуть зосередитися на вивченні конкретних прикладів використання електронних соціальних мереж, які призвели до успішних колаборацій або нових наукових досягнень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биков, В. Ю., Спірін, О. М., Білощицький, А. О. (2020). Відкриті цифрові системи в оцінюванні результатів науково-педагогічних досліджень. *Інформаційні технології і засоби навчання, 1* (75), 294-315.
2. Гаврілова, Л., & Топольник, Я. (2017). Цифрова культура, цифрова грамотність, цифрова компетентність як сучасні освітні феномени. *Інформаційні технології і засоби навчання, 61*(5), С. 1–14.
3. Гуревич, Р. С. (2012). Інтернет і його соціальні мережі в сфері освіти: напрями використання. Збірник наукових праць III Міжнародної науково-практичної конференції «*ІКТ в сучасній освіті : досвід, проблеми, перспективи*», Львів, 52-56.
4. Жалдак, М. І. (2005). Про деякі методичні аспекти навчання інформатики в школі та педагогічному університеті. Наукові записки Тернопільського національного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Педагогіка, 6, 17–24.
5. Іванова, С. М., Дем'яненко, В. М., Дудко, А. Ф., Кільченко, А. В., Лабжинський, Ю. А., Лупаренко, Л. А., Новицька, Т. Л., Новицький, С. В., Спірін, О. М., Ткаченко, В. А., Шиненко, М. А., Яськова, Н. В, & Яцишин, А. В. (2020). *Відкриті електронні науково-освітні системи у науково-дослідній діяльності*: навчально-методичний посібник. за наук. ред. проф. О. М. Спіріна. К.: Педагогічна думка.
6. Іванова, С. М., Кільченко, А. В., Лабжинський, Ю. А., Лупаренко, Л. А., Новицька, Т. Л., Одуд, О. А., Спірін, О. М., Ткаченко, В. А., Шиненко, М. А., & Яцишин, А. В. (2019). *Інформаційно-аналітична підтримка педагогічних досліджень на основі електронних систем відкритого доступу*: посібник. за наук. ред. проф. Спіріна О. М.; Ін-т інформ. технол. і засобів навч. НАПН України. К.: ФОП Ямчинський О.В.
7. Іванова, С.М. (2018). Проблема розвитку інформаційно-дослідницької компетентності наукових і науково-педагогічних працівників з використанням відкритих електронних науково-освітніх систем. *Інформаційні технології і засоби навчання, 68* (6), 291-305. http://nbuv.gov.ua/UJRN/.
8. Івашньова, С. В. (2012). Використання соціальних сервісів та соціальних мереж в освіті. *Наукові записки НДУ ім. М. Гоголя. Психолого-педагогічні науки, 2*, 15-17.
9. Карплюк, С. О. (2019). Особливості цифровізації освітнього процесу у вищій школі. *Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку*: Матеріали методологічного семінару НАПН України. Київ, 188–197.
10. Кучаковська, Г. А. (2015). Роль соціальних мереж в активізації процесу навчання інформатичних дисциплін майбутніх вчителів початкової школи. *Інформаційні технології і засоби навчання, 3* (47), 136–149. http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1213/933.
11. Литвинова, С. Г. (2017). Сучасний стан використання електронних соціальних мереж учителями загальноосвітніх навчальних закладів України. *Інформаційні технології і засоби навчання, 1* (57), 12-24.
12. Олексюк, Н.В., & Лебеденко, Л.В. (2015). Використання електронних соціальних мереж у соціально-педагогічній роботі зі школярами. *Інформаційні технології і засоби навчання, 4* (48), 88–102. http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1273.
13. Пінчук, О. П. (2016). Проблема формування ІК-компетентності учнів у відкритому інформаційно-освітньому середовищі : аспект використання електронних соціальних мереж у навчанні. *Комп'ютер у школі та сім'ї, 8*, 4-10.
14. Спірін, О. М. (2009). Інформаційно-комунікаційні та інформатичні компетентності як компоненти системи професійно-спеціалізованих компетентностей вчителя інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання, 5* (13).
15. Спірін, О. М., & Овчарук, О. В. (2021). Цифрова компетентність. *Енциклопедія освіти*. Нац. акад. пед. наук України: 2- ге вид., допов. та перероб. Київ: Юрінком Інтер, 1095-1096.
16. Спірін, О.М., Яцишин, А. В., Іванова, С. М., Кільченко, А. В., & Лупаренко, Л. А. (2016). Використання електронних систем відкритого доступу для інформаційно-аналітичної підтримки педагогічних досліджень. *Інформаційні технології і засоби навчання, 5 (*55), 136-174. https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1501.
17. Яськова, Н. В. (2020). Розвиток інформаційно-дослідницької компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами мережі Facebook. *Звітна наук. конф. ІІТЗН НАПН України*, присвячена 20-річчю ІІТЗН НАПН: матеріали наук.-практ. конф., 07 лют. 2020 р. К.: ІІТЗН НАПН України, 112-114. https://lib.iitta.gov.ua/720700/.
18. Яськова, Н.В. (2021). Аналіз використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень. *Звітна наук. конф. ІІТЗН НАПН України*: матеріали наук.-практ. конф., м. Київ, 11 лют. 2021 р. К.: ІІТЗН НАПН України, 94-96. https://lib.iitta.gov.ua/724023.
19. Яськова, Н.В. (2021). Вітчизняний і зарубіжний досвід використання електронних соціальних мереж RESEARCHGATE TA ACADEMIA.EDU для оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень. *Неперервна освіта нового сторіччя: досягнення та перспективи*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя: ЗОІППО, 1-4. https://drive.google.com/file/d/1pR6-owrjeggsEZLDfuE7eTik_7Ty5okJ/view.
20. Яськова, Н. В. (2020). Рекомендації щодо використання електронних соціальних мереж для розвитку інформаційно-дослідницької компетентності наукових і науково-педагогічних працівників. VII *Всеукр. наук.-практ. конф. молодих науковців: матеріали наук.-практ. конф.*, 21 трав. 2020 р. К.: Київський ун-т ім. Бориса Грінченка, 87-88. https://lib.iitta.gov.ua/720526/.
21. Яцишин, А. В., & Коваленко, В. В. (2016). Роль електронних соціальних мереж у розвитку соціальної компетентності обдарованих учнів. *Освіта та розвиток обдарованої особистості, 9* (52), 33-37.
22. Яцишин, А.В., & Яськова, Н.В. (2016). Використання електронних соціальних мереж у роботі з обдарованими учнями. *Освіта та розвиток обдарованої особистості, 8*, 9-16.
23. Aboagye, E., Yawson, J. A., & Appiah, K. N. (2020). *COVID19 and E-Learning: the Challenges of Students in Tertiary Institutions*. https://doi.org/10.37256/ser.212021422.
24. Androshchuk, I., & Androshchuk, I. (2017). Methodology in Training Future Technology and Engineering Teachers in the USA. *Comparative Professional Pedagogy, 7*(3), 70–74. https://doi.org/10.1515/rpp-2017-0038.
25. Ayris, P. (2017). Training early career researchers. *LEARN Toolkit of Best Practice for Research Data Management*, 96-101.

26. Banks, G. C. (2016). Questions about questionable research practices in the field of management : A guest commentary. *Journal of Management, 42*, 5-20.
27. Bartling, S., & Friesike, S. (2014). *Opening science : The evolving guide on how the Internet is changing research, collaboration and scholarly publishing*. Heidelberg : Springer Open. https://www.springer.com/gp/book/9783319000251.
28. Buinytska, O., & Vasylenko, S. (2020). E-learning to Ensure the Educational Services' Quality in University Distance Learning. *E-learning. Innovative Educational Technologies, Tools and Methods for E-learning*, 12, (E. SmyrnovaTrybulska, Ed.) Katowice, Cieszyn: Studio-Noa for University of Silesia in Katowice.
29. Burov, O., Bykov, V., & Lytvynova, S. (2020). ICT evolution: from single computational tasks to modeling of life. *ICTERI Workshops*, 583-590. https://lib.iitta.gov.ua/722576/1/20200583.pdf.
30. Bykov, V. Y., & Leshchenko, M. P. (2016) Digital humanistic pedagogy : relevant problems of scientific research in the field of using ICT in education. *Information Technologies and Learning Tools, 53*(3), 1-17. https://doi.org/10.33407/itlt.v53i3.1417.
31. Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (2020). Correction to : Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, C1-C1.
32. Kovalenko, V. V., Marienko, M V., & Sukhikh, A. S. (2021). Tools of augmented and virtual reality in the process of blended learning in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools, 86*(6), 70-86. https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4664.
33. Mirowski, P. (2018). The future(s) of open science. *Social studies of science, 48* (2), 171-203. https://doi.org/10.1177/0306312718772086.
34. Vakaliuk, T.A., Andreiev, O.V., Dubyna, O.F., Korenivska, O. L., & Andreieva, Ye.O.. (2024). Wireless Technologies in IoT Projects with Distributed Computing. Proceedings of the 4th Edge Computing Workshop (doors 2024), Zhytomyr, Ukraine, April 5. Edited by Tetiana A. Vakaliuk, Serhiy O. Semerikov. *CEUR Workshop Proceedings. 3666*, 4-13. https://ceur-ws.org/Vol-3666/paper01.pdf.
35. Zalite, G., & Zvirbule, A. (2020). Digital Readiness and Competitiveness of the EU Higher Education Institutions: The COVID-19 Pandemic. *Emerging Science Journal, 4*(4).

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bykov, V. Yu., Spirin, O. M., Biloschytskyi, A. O. (2020). Open digital systems in evaluating the results of scientific and pedagogical research. *Information technologies and teaching aids, 1* (75), 294-315.
2. Gavrilova, L., & Topolnyk, Ya. (2017). Digital culture, digital literacy, digital competence as modern educational phenomena. *Information technologies and teaching aids, 61*(5), pp. 1–14.
3. Gurevich, R. S. (2012). The Internet and its social networks in the field of education: directions of use. Collection of scientific works of the 3rd International scientific and practical conference "*ICT in modern education: experience, problems, prospects*", Lviv, 52-56.
4. Zhaldak, M. I. (2005). About some methodical aspects of teaching informatics at school and pedagogical university. *Scientific notes of the Ternopil National University named after V. Hnatyuk. Series: Pedagogy, 6*, 17–24.
5. Ivanova, S. M., Demyanenko, V. M., Dudko, A. F., Kilchenko, A. V., Labzhynskyi, Yu. A., Luparenko, L. A., Novytska, T. L., Novytskyi, S. V., Spirin, O. M., Tkachenko, V. A., Shinenko, M. A., Yaskova, N. V., & Yatsyshyn, A. V. (2020). *Open electronic scientific and educational systems in scientific and research activities*: educational and methodological manual. for sciences ed. Prof. O. M. Spirin. K.: Pedagogical thought.
6. Ivanova, S. M., Kilchenko, A. V., Labzhynskyi, Y. A., Luparenko, L. A., Novytska, T. L., Odud, O. A., Spirin, O. M. , Tkachenko, V. A., Shinenko, M. A., & Yatsyshyn, A. V. (2019). *Informational and analytical support of pedagogical research based on open access electronic systems*: manual. for sciences ed. Prof. O. M. Spirina; Institute of Inform. technology and means of education NAPN of Ukraine. K.: FOP Yamchynskyi O.V.
7. Ivanova, S.M. (2018). The problem of the development of information and research competence of scientific and scientific and pedagogical workers using open electronic scientific and educational systems. *Information technologies and teaching aids, 68* (6), 291-305. http://nbuv.gov.ua/UJRN/.
8. Ivashnyova, S. V. (2012). Use of social services and social networks in education. *Scientific notes of NSU named after M. Gogol. Psychological and pedagogical sciences, 2*, 15-17.
9. Karpluk, S. O. (2019). Peculiarities of digitization of the educational process in higher education. *Information-digital educational space of Ukraine: transformational processes and development prospects*: Materials of the methodological seminar of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, 188–197.
10. Kuchakovska, G. A. (2015). The role of social networks in the activation of the process of learning informatics disciplines of future primary school teachers. *Information technologies and teaching aids, 3* (47), 136–149. http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1213/933.
11. Litvynova, S. G. (2017). The current state of use of electronic social networks by teachers of general educational institutions of Ukraine. *Information technologies and teaching aids, 1* (57), 12-24.
12. Oleksyuk, N.V., & Lebedenko, L.V. (2015). Use of electronic social networks in socio-pedagogical work with schoolchildren. *Information technologies and teaching aids, 4* (48), 88–102. http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1273.
13. Pinchuk, O. P. (2016). The problem of forming students' IC competence in an open informational and educational environment: the aspect of using electronic social networks in education. *Computer in school and family, 8*, 4-10.
14. Spirin, O. M. (2009). Information, communication and informatics competencies as components of the system of professional and specialized competencies of the informatics teacher. *Information technologies and teaching aids, 5* (13).
15. Spirin, O. M., & Ovcharuk, O. V. (2021). Digital competence. *Encyclopedia of education*. National Acad. ped. Sciences of Ukraine: 2nd ed., supplement. and processing Kyiv: Yurinkom Inter, 1095-1096.
16. Spirin, O.M., Yatsyshyn, A.V., Ivanova, S.M., Kilchenko, A.V., & Luparenko, L.A. (2016). Use of open access electronic systems for informational and analytical support of pedagogical research. *Information technologies and teaching aids, 5* (55), 136-174. https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1501.
17. Yaskova, N. V. (2020). Development of information and research competence of scientific and scientific-pedagogical workers by means of the Facebook network. Sci*entific report. conf. IITZN National Academy of Sciences of Ukraine, dedicated to the 20th anniversary of IITZN National Academy of Sciences of Ukraine*: scientific and practical materials. conference, February 7 2020. K.: IITZN National Academy of Sciences of Ukraine, 112-114. https://lib.iitta.gov.ua/720700/.
18. Yaskova, N.V. (2021). Analysis of the use of information and digital technologies for evaluating the effectiveness of scientific and pedagogical research. *Scientific report. conf. IITZN National Academy of Sciences of Ukraine*: scientific-practical materials. conference, Kyiv, February 11. 2021. K.: IITZN NAPN of Ukraine, 94-96. https://lib.iitta.gov.ua/724023.
19. Yaskova, N.V. (2021). Domestic and foreign experience of using electronic social networks RESEARCHGATE AND ACADEMIA.EDU to evaluate the effectiveness of scientific and pedagogical research. *Continuous education of the new century: achievements and prospects*: materials of VII International. science and practice conference, Zaporizhzhia: ZOIPPO, 1-4. https://drive.google.com/file/d/1pR6-owrjeggsEZLDfuE7eTik_7Ty5okJ/view.

20. Yaskova, N. V. (2020). Recommendations regarding the use of electronic social networks for the development of information and research competence of scientific and scientific and pedagogical workers. *VII All-Ukrainian science and practice conf. of young scientists: scientific-practical materials. conference*, May 21 2020. K.: Kyiv University named after Borys Grinchenko, 87-88. https://lib.iitta.gov.ua/720526/.
21. Yatsyshyn, A. V., & Kovalenko, V. V. (2016). The role of electronic social networks in the development of social competence of gifted students. *Education and development of gifted personality, 9* (52), 33-37.
22. Yatsyshyn, A.V., & Yaskova, N.V. (2016). Use of electronic social networks in work with gifted students. *Education and development of gifted personality, 8*, 9-16.
23. Aboagye, E., Yawson, J. A., & Appiah, K. N. (2020). *COVID19 and E-Learning: the Challenges of Students in Tertiary Institutions*. https://doi.org/10.37256/ser.212021422.
24. Androshchuk, I., & Androshchuk, I. (2017). Methodology in Training Future Technology and Engineering Teachers in the USA. *Comparative Professional Pedagogy, 7*(3), 70–74. https://doi.org/10.1515/rpp-2017-0038.
25. Ayris, P. (2017). Training early career researchers. *LEARN Toolkit of Best Practice for Research Data Management*, 96-101.
26. Banks, G. C. (2016). Questions about questionable research practices in the field of management : A guest commentary. *Journal of Management, 42*, 5-20.
27. Bartling, S., & Friesike, S. (2014). *Opening science : The evolving guide on how the Internet is changing research, collaboration and scholarly publishing*. Heidelberg : Springer Open. https://www.springer.com/gp/book/9783319000251.
28. Buinytska, O., & Vasylenko, S. (2020). E-learning to Ensure the Educational Services' Quality in University Distance Learning. *E-learning. Innovative Educational Technologies, Tools and Methods for E-learning*, 12, (E. SmyrnovaTrybulska, Ed.) Katowice, Cieszyn: Studio-Noa for University of Silesia in Katowice.
29. Burov, O., Bykov, V., & Lytvynova, S. (2020). ICT evolution: from single computational tasks to modeling of life. *ICTERI Workshops*, 583-590. https://lib.iitta.gov.ua/722576/1/20200583.pdf.
30. Bykov, V. Y., & Leshchenko, M. P. (2016) Digital humanistic pedagogy : relevant problems of scientific research in the field of using ICT in education. *Information Technologies and Learning Tools, 53*(3), 1-17. https://doi.org/10.33407/itlt.v53i3.1417.
31. Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (2020). Correction to : Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, C1-C1.
32. Kovalenko, V. V., Marienko, M V., & Sukhikh, A. S. (2021). Tools of augmented and virtual reality in the process of blended learning in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools, 86*(6), 70-86. https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4664.
33. Mirowski, P. (2018). The future(s) of open science. *Social studies of science, 48* (2), 171-203. https://doi.org/10.1177/0306312718772086.
34. Vakaliuk, T.A., Andreiev, O.V., Dubyna, O.F., Korenivska, O. L., & Andreieva, Ye.O.. (2024). Wireless Technologies in IoT Projects with Distributed Computing. Proceedings of the 4th Edge Computing Workshop (doors 2024), Zhytomyr, Ukraine, April 5. Edited by Tetiana A. Vakaliuk, Serhiy O. Semerikov. *CEUR Workshop Proceedings. 3666*, 4-13. https://ceur-ws.org/Vol-3666/paper01.pdf.
35. Zalite, G., & Zvirbule, A. (2020). Digital Readiness and Competitiveness of the EU Higher Education Institutions: The COVID-19 Pandemic. *Emerging Science Journal, 4*(4).

Матеріал надійшов до редакції 20.10.2024р.

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

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Б

Бобрицька Г. 7
Британ В. 20

Г

Гілл Дж. 14
Гольський В. 20

Д

Даньків О. 20

К

Крамар С. 27
Кузик О. 20

Л

Лабжинський Ю. 46
Лешко Р. 20

М

Мартиненко О. 41

Н

Носенко Ю. 34

П

Паньків Л. 20

С

Столярчук І. 20

У

Угрин Ю. 20

Ч

Черновол Н. 7
Чкана Я. 41

Ш

Шишкіна М. 27

Я

Яськова Н. 46

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Key title: Fìziko-matematična osvìta
Abbreviated key title: Fìz.-mat. osv.

Том 39, № 5
2024

Друкується в авторській редакції
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск
О.В. Семеніхіна

Комп'ютерна верстка
О.М. Удовиченко

Ідентифікатор медіа:
R30-02975

https://fmo-journal.org/

Підп. до друку 25.11.2024.
Формат 60х84/8. Гарнітура Calibri. Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 6,8.
Ум. фарб.-відб. 6,8. Обл.-вид. арк. 6,13. Тираж 50 пр. Вид. №43

Видавець:
СумДПУ імені А. С. Макаренка
40002, м.Суми, вул.Роменська, 87
Свідоцтво ДК № 231 від 02.11.2000 р.

Виготовлювач:
ФОП Цьома С.П. 40002, м. Суми, вул. Роменська, 100.
Тел.: 066-293-34-29.
Зам. № 78

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК, № 5050 від 23.02.2016.