

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 34, № 2

Суми – 2022

**Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
(протокол №8 від 18.04.2022 р.)**

Редакційна колегія

М.П. Вовк	доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник (Україна)
М.Гр. Воскоглу	доктор філософії, почесний професор математичних наук (Греція)
Т.Г. Дерека	доктор педагогічних наук, професор (Словацька республіка)
Р.А. Зіатдінов	доктор педагогічних наук, професор (Південна Корея)
А.П. Кудін	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
О.Ю. Кудріна	доктор економічних наук, професор (Україна)
О.О. Лаврентьева	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Т.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. Семенов	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
М.М. Солдатенко	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)
М.Г. Друшляк	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
Т.Д. Лукашова	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
О.О. Пипка	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
О.В. Школьнік	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
В.О. Швець	кандидат педагогічних наук, професор (Україна)
А.М. Добровольська	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)
В.Г. Шамо́ня	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 34, № 2. 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], 2022. 72 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, 2022

**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. 34, № 2

Sumy – 2022

**Recommended for publication of the Academic Council
of Makarenko Sumy State Pedagogical University
(protocol №8 from 18.04.2022)**

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)
T.H. Dereka	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Slovak Republic)
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.Yu. Osyypova	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)
M.M. Soldatenko	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)
M.G. Drushlyak	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Ukraine)
T.D. Lukashova	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
O.A. Pypka	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
O.O. Shkolnyi	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Ukraine)
V.O. Shvets	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Professor (Ukraine)
A.M. Dobrovol'ska	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)
V.G. Shamonina	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)

F 45 Physical and Mathematical Education : Scientific Journal. Vol. 34, № 2. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2022. 72 p.

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

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

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

ЗМІСТ

Валько К., Кузьмич В., Кузьмич Л., Савченко О.	7
ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ВЗАЄМНОГО РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК МЕТРИЧНОГО ПРОСТОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ.....	7
Глазунова О., Волошина Т., Корольчук В., Мокрієв М., Кузьмінська О.	12
МОДЕЛЬ ДОСТАВКИ ЦИФРОВОГО НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В УМОВАХ ВІДКРИТОЇ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ ОСВІТИ.....	12
Грод І., Балик Н., Василенко Я., Мартинюк С., Олексюк В., Барна О.	18
ВЕБ-СЕРВІС ПЛАНУВАННЯ РОБІТ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖЕВОГО ГРАФА	18
Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., Толмачов В.	25
МИСЛЕННЕВА ТАКТИКА ЗАСВОЮВАННЯ ТЕРМІНІВ ФАХОВОЇ МОВИ.....	25
Дубовик В., Рудницький С.	33
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ЗАСОБАМИ СЕРЕДОВИЩА GEOGEBRA	33
Семеніхіна О., Друшляк М.	38
ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ НАВИЧОК КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТЕКСТОВИХ ЗАДАЧ	38
Тушев А., Чупордя В.	43
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ GEOGEBRA ДО ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РОЗРОБОК З ГЕОМЕТРІЇ.....	43
Фурсенко Т., Друзь Ю., Друзь Г.	50
РОЛЬ ВОЛОДІННЯ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ В ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ АКТУАРНОЇ ОСВІТИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ	50
Шищенко І., Лукашова Т.	55
ІНТЕГРАЦІЯ ЗМІСТУ ФАХОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ	55
Юрченко А., Мулеса П., Лобода В., Острога М.	63
СОЦІАЛЬНІ СЕРВІСИ ЯК МАЙДАНЧИК ДЛЯ СУПРОВОДУ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ І НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ.....	63

CONTENTS

Valko K., Kuzmich V., Kuzmich L., Savchenko O.....	7
INTERPRETATION OF MUTUAL LOCATION OF POINTS OF METRIC SPACE BY HELP OF GRAPHIC MEANS.....	7
Glazunova O., Voloshyna T., Korolchuk V., Mokriiev M., Kuzminska O.	12
MODEL OF DIGITAL EDUCATIONAL CONTENT DELIVERY IN OPEN UNIVERSITY EDUCATION	12
Grod I., Balyk N., Vasylenko Ya., Martyniuk S., Oleksiuk V., Barna O.	18
WEB SERVICE OF WORKS PLANNING USING NETWORK GRAPH	18
Dieorditsa T., Voronina M., Yepifanova O., Tolmachov V.	25
THINKING TACTIC OF PROFESSIONAL LANGUAGE TERMINOLOGY ACQUISITION	25
Dubovyk V., Rudnytskyi S.....	33
USING GEOGEBRA ENVIRONMENT TO VISUALIZE EDUCATIONAL MATERIAL IN THE PROCESS OF TRAINING PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS.....	33
Semenikhina O., Drushlyak M.	38
FORMATION OF PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS' COMPUTER MODELING SKILLS IN THE PROCESS OF SOLVING MATH PROBLEMS	38
Tushev A., Chupordia V.	43
APPLICATION OF THE GEOGEBRA TO THE FORMATION OF RESEARCH SKILLS IN THE CREATION OF DYNAMIC APPLETS IN GEOMETRY	43
Fursenko T., Druz Ju., Druz G.	50
ENGLISH LANGUAGE PROFICIENCY IN ACTUARIAL EDUCATION QUALITY IMPROVEMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN UKRAINE	50
Shyshenko I., Lukashova T.	55
INTEGRATION OF THE CONTENT OF PROFESSIONAL MATHEMATICAL DISCIPLINES IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS.....	55
Yurchenko A., Mulesa P., Loboda V., Ostroha M.	63
SOCIAL SERVICES AS A PLAYGROUND FOR SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS AND TEACHING COMPUTER SCIENCE	63

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Виходить з 2013.



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

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-034-2-001

УДК 372.851

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ВЗАЄМНОГО РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК МЕТРИЧНОГО ПРОСТОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ

Катерина ВАЛЬКО

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
 Київ, Україна
katernavalko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9746-018X>

Валерій КУЗЬМИЧ ✉

Херсонський державний університет, Херсон, Україна
vikuzmichksu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8150-3456>

Людмила КУЗЬМИЧ

Херсонський державний університет, Херсон, Україна
lvkuzmichksu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6727-9064>

Олександр САВЧЕНКО

Херсонський державний університет, Херсон, Україна
savchenko.o.g@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-4687-5542>

INTERPRETATION OF MUTUAL LOCATION OF POINTS OF METRIC SPACE BY HELP OF GRAPHIC MEANS

Kateryna VALKO

Taras Shevchenko National University of Kyiv,
 Kyiv, Ukraine
katernavalko@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9746-018X>

Valerii KUZMICH ✉

Kherson State University, Kherson, Ukraine
vikuzmichksu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8150-3456>

Liudmyla KUZMICH

Kherson State University, Kherson, Ukraine
lvkuzmichksu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6727-9064>

Oleksandr SAVCHENKO

Kherson State University, Kherson, Ukraine
savchenko.o.g@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-4687-5542>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У даній роботі розглядаються питання, що стосуються методики вивчення геометричних властивостей метричних просторів. Ці питання з необхідністю виникають під час засвоєння студентами основних понять теорії метричних просторів. Складність у розумінні цих понять виникає внаслідок відсутності, у більшості випадків, їх геометричної інтерпретації, або ж відповідної візуалізації. Для побудови геометричної інтерпретації понять прямолінійного та плоского розміщення точок метричного простору пропонується будувати відповідні аналоги у двовимірному та тривимірному арифметичних евклідових просторах. Для візуалізації цих понять пропонується використати динамічне геометричне середовище GeoGebra 3D. Такий підхід дозволяє продемонструвати як схожість окремих геометричних понять метричного простору з відповідними поняттями геометрії Евкліда, так і продемонструвати випадки їх «неевклідовості».

Матеріали і методи. Для виконання дослідження використовувалось динамічне геометричне середовище GeoGebra 3D, програмний засіб обчислення об'єму тетраедра за довжинами його ребер, а також графічні засоби побудови зображень.

Результати. Наведені у даній роботі приклади геометричної інтерпретації та візуалізації взаємного розміщення точок метричного простору сприяють більш глибокому та усвідомленому сприйняттю і розумінню студентами основ теорії метричних просторів.

Висновки. Метрична геометрія дає можливість розглядати геометрію Евкліда та неевклідові геометрії з однієї точки зору. Аналогія окремих співвідношень між точками метричного простору з відповідними співвідношеннями у геометрії Евкліда дає можливість прослідкувати зміну характерних геометричних властивостей простору при зміні його метрики. Застосування спеціальних графічних можливостей відповідних програмних засобів дозволяє не лише візуалізувати взаємне розміщення точок метричного простору, але і прослідкувати його зміну при зміні точки спостереження цього розміщення. Візуалізація геометричних властивостей метричних просторів сприяє більш глибокому та усвідомленому сприйняттю і розумінню студентами основ теорії метричних просторів.

ABSTRACT

Formulation of the problem. This paper considers issues related to the method of studying the geometric properties of metric spaces. These questions necessarily arise when students learn the basic concepts of the theory of metric spaces. Difficulty in understanding these concepts arises due to the lack, in most cases, of their geometric interpretation, or appropriate visualization. To build a geometric interpretation of the concepts of rectilinear and flat placement of points of metric space, it is proposed to build appropriate analogs in two-dimensional and three-dimensional arithmetic Euclidean spaces. To visualize these concepts, it is proposed to use a dynamic geometric environment GeoGebra 3D. This approach allows us to demonstrate both the similarity of individual geometric concepts of metric space with the corresponding concepts of Euclidean geometry and to demonstrate cases of their "non-Euclidean".

Materials and methods. The study used the dynamic geometric environment GeoGebra 3D, a software tool for calculating the volume of a tetrahedron along the lengths of its edges, as well as graphical tools for constructing images.

Results. The examples of geometric interpretation and visualization of mutual placement of points of metric space given in this work promote deeper and more conscious perception and understanding by students of the basics of the theory of metric spaces.

Conclusions. Metric geometry makes it possible to consider Euclidean geometry and non-Euclidean geometries from one point of view. The analogy of individual relations between the points of metric space with the corresponding relations in Euclidean geometry makes it possible to trace the change in the characteristic geometric properties of space when its metric changes. The use of special graphical capabilities of the corresponding software allows not only to visualize the mutual location of the points of the metric space but also to track its change when changing the observation point of this location. Visualization of geometric properties of metric spaces contributes to a deeper and more conscious perception and understanding by students of the basics of the theory of metric spaces.

Для цитування:

Валько К., Кузьмич В., Кузьмич Л., Савченко О. Інтерпретація взаємного розміщення точок метричного простору за допомогою графічних засобів. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34, № 2. С. 7-11. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-001

Валько, К., Кузьмич, В., Кузьмич, Л., & Савченко, О. (2022). Інтерпретація взаємного розміщення точок метричного простору за допомогою графічних засобів. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 7-11. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-001>

For citation:

Valko, K., Kuzmich, V., Kuzmich, L., & Savchenko, O. (2022). Interpretation of mutual location of points of metric space by help of graphic means. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 7-11. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-001>

Valko, K., Kuzmich, V., Kuzmich, L., & Savchenko, O. (2022). Interpretatsiia vzaiemnoho rozmishchennia tochk metrychnoho prostoru za dopomohoio hrafichnykh zasobiv [Interpretation of mutual location of points of metric space by help of graphic means]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 7-11. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-001>

✉ Corresponding author

© K. Valko, V. Kuzmich, L. Kuzmich, O. Savchenko, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: відстань між точками; метричний простір; метрична геометрія; динамічне геометричне середовище GeoGebra 3D; прямолінійне розміщення точок.

KEYWORDS: distance between points; metric space; metric geometry; dynamic geometric environment GeoGebra 3D; rectilinear placement of points.

ВСТУП

Постановка проблеми. З метричними просторами студенти закладів вищої освіти вперше знайомляться у курсі математичного аналізу при вивченні n -вимірному евклідовому простору. Пізніше, у курсі функціонального аналізу, метричні простори вивчаються більш детально, у тісному зв'язку з нормованими та топологічними просторами. Однією із перепон у розумінні нових фактів теорії метричних просторів є складність їх геометричної інтерпретації. Наприклад, дуже важко уявити собі одиничну сферу, на якій безліч точок віддалені одна від одної на сталу відстань. Подібних прикладів у просторах з різною метрикою досить багато. Вони значною мірою перешкоджають адекватному засвоєнню відповідних властивостей метричних просторів. Більше того, зі зміною метрики простору, який складається з одних і тих самих елементів (точок), співвідношення між цими елементами можуть істотно змінитись. Наприклад, чотири точки, що є вершинами квадрату у двовимірному арифметичному евклідовому просторі, при зміні метрики простору можуть стати прямолінійно розміщеними і не бути плоско розміщеними. Наведені приклади є лише невеликою частиною фактів, які можуть викликати неоднозначне сприйняття студентами властивостей метричних просторів, та стати на перешкоді їх засвоєння.

Аналіз актуальних досліджень. Матеріал роботи значною мірою можна віднести до предмету метричної геометрії (Berger, 2009; Burago et al., 2001), бурхливий розвиток якої останнім часом зумовлений численними застосуваннями у сфері високих технологій, інженерії та інших галузях науки і техніки. Характерною особливістю метричної геометрії є те, що вона спирається лише на поняття відстані між точками і властивості множини дійсних чисел. Це значно обмежує унаочнення її результатів, але з іншого боку, це розширює і узагальнює класичні поняття геометрії Евкліда. Метрична геометрія дає можливість розглядати геометрію Евкліда та неевклідові геометрії з однієї точки зору. Методику вивчення елементів метричної геометрії студентами закладів вищої освіти, використання прикладних графічних комп'ютерних засобів для унаочнення результатів математичних досліджень, розглядали ряд авторів, зокрема, унаочнення основних понять сферичної геометрії вивчалось у роботах Lénárt I. та Rybak A. (2017), Lénárt I. (2020). Унаочнення розв'язків нерівностей за допомогою системи комп'ютерної математики Maple розглядалось у роботі Філер 3. та Чуйков А. (2021), методичні аспекти впровадження елементів метричної геометрії у шкільний курс математики вивчалися у роботах Следзинский И. (1973), Kuz'mich V. та Kuzmich L. (2021).

Мета статті. Метою статті є висвітлення способів геометризації деяких властивостей метричних просторів, та їх візуалізації. На наш погляд, це сприятиме більш глибокому засвоєнню студентами основних понять теорії метричних просторів, зокрема, властивостей та співвідношень, що мають геометричний зміст.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріал дослідження був отриманий за результатами читання відповідного спецкурсу студентам спеціальності «014.04 Середня освіта. Математика», магістерського рівня освіти. Для динамічного геометричного середовища GeoGebra 3D використовувались спеціальні формули розрахунку координат вершин тетраедра за довжинами його ребер.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На початку наведемо деякі основні поняття та факти, що відносяться до теорії метричних просторів. Зокрема, відстанню ρ між двома елементами x_i та x_j множини X називають дійсну невід'ємну функцію $\rho(x_i, x_j)$, яка задовольняє умову комутативності: $\rho(x_i, x_j) = \rho(x_j, x_i)$, та умову нерівності трикутника: $\rho(x_i, x_j) \leq \rho(x_i, x_k) + \rho(x_k, x_j)$ для довільних точок x_i, x_j, x_k цього простору (Канторович та Акилов, 1977). Таку множину називають метричним простором з метрикою ρ , і позначають (X, ρ) .

Способи введення відстані між точками простору (способи метризації) можуть бути різноманітними (Деза та Деза, 2008). Від способу метризації простору значною мірою залежать його геометричні властивості (геометрія простору). У подальшому будемо розглядати кілька класичних просторів, метризація яких базується на простих поняттях, і які легко проілюструвати навіть на матеріалі шкільного курсу математики (Kuz'mich & Kuzmich, 2021).

– Множина упорядкованих груп з n дійсних чисел $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де відстань між будь-якими двома сукупностями $x(x_1, x_2, \dots, x_n)$ і $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ знаходиться за формулою:

$$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2},$$

є метричним простором, який називають n -вимірним арифметичним евклідовим простором, і позначають R^n (Колмогоров та Фомін, 1974; Давидов, 1979).

– Розглянемо множину неперервних на відрізку $[a, b]$ функцій. Ця множина стає метричним простором (Колмогоров та Фомін, 1974; Давидов, 1979), якщо за відстань між двома функціями $f(t)$ і $g(t)$ множини взяти число:

$$\rho(f, g) = \max_{t \in [a, b]} |f(t) - g(t)|.$$

Такий простір позначають $C_{[a, b]}$.

– Якщо на множині неперервних на відрізку $[a, b]$ функцій за відстань між двома функціями $f(t)$ і $g(t)$ взяти число:

$$\rho(f, g) = \int_a^b |f(t) - g(t)| dt,$$

то ця множина стає метричним простором, який позначають C_L (Давидов, 1979).

Тепер розглянемо поняття прямолінійного розміщення точок метричного простору. Для зручності подальших записів будемо використовувати позначення: $\rho(x_i, x_j) = \rho_{ij}$ і вважати, що усі розглядувані точки метричного простору

різні, тобто значення відстані між ними завжди додатне. Кажуть (Каган, 1963), що три точки x_i, x_j, x_k метричного простору розміщені прямолинійно у цьому просторі, якщо виконується рівність: $\rho(x_i, x_k) = \rho(x_i, x_j) + \rho(x_j, x_k)$, або коротше: $\rho_{ik} = \rho_{ij} + \rho_{jk}$. Деяку множину точок метричного простору будемо називати прямолинійно розміщеною, якщо кожні три точки цієї множини прямолинійно розміщені у цьому просторі.

Під кутом, що утворений трьома точками x_i, x_j, x_k метричного простору, будемо розуміти упорядковану трійку цих точок: (x_i, x_j, x_k) і позначати $\angle(x_i, x_j, x_k)$, при цьому, точку x_j будемо називати вершиною кута, а пари точок (x_i, x_j) і (x_j, x_k) – його сторонами (Kuz'mich, 2019). За числову характеристику φ кута (кутову характеристику) природно взяти величину косинуса кута трикутника, що знаходиться з формули косинусів у геометрії Евкліда (Александров, 1948; Kuz'mich, 2019):

$$\varphi(x_i, x_j, x_k) = \frac{\rho^2(x_i, x_j) + \rho^2(x_j, x_k) - \rho^2(x_i, x_k)}{2\rho(x_i, x_j)\rho(x_j, x_k)},$$

або коротше:

$$\varphi_{ijk} = \frac{\rho_{ij}^2 + \rho_{jk}^2 - \rho_{ik}^2}{2\rho_{ij}\rho_{jk}}. \quad (1)$$

Таким чином означена кутова характеристика дає можливість не лише отримати умову прямолинійного розміщення трьох точок метричного простору: $\varphi_{ijk}^2 = 1$, але і умову «лежати між» для цих точок (Dovgoshei & Dordovskii, 2009). Зокрема, точка x_j «лежить між» точками x_i і x_k (або є внутрішньою для точок x_i, x_j, x_k), якщо виконується рівність: $\varphi_{ijk} = -1$, якщо ж виконується рівність $\varphi_{ijk} = 1$, то можна казати, що точка x_j «лежить поза» точками x_i і x_k (або є зовнішньою, чи крайньою, для точок x_i, x_j, x_k).

За допомогою кутової характеристики можна означити плоске розміщення точок метричного простору (Kuz'mich, 2019). Чотири точки x_1, x_2, x_3, x_4 метричного простору (X, ρ) будемо називати плоскою розміщеними у цьому просторі, якщо виконується рівність:

$$1 + \varphi_{213}\varphi_{214}\varphi_{314} - \varphi_{213}^2 - \varphi_{214}^2 - \varphi_{314}^2 = 0. \quad (2)$$

Рівність (2) у геометрії Евкліда, фактично, означає рівність нулю об'єму тетраедра, вершини якого розміщені в точках x_1, x_2, x_3, x_4 . Якщо кожні чотири точки деякої множини метричного простору плоскою розміщені у цьому просторі, то цю множину називатимемо плоскою розміщеною у даному просторі.

Не дивлячись на схожість понять прямолинійного та плоского розміщення точок метричного простору з відповідними поняттями геометрії Евкліда вони не завжди співпадають. Зокрема, з прямолинійного розміщення чотирьох точок метричного простору не завжди слідує їх плоске розміщення у цьому просторі.

На відміну від геометрії Евкліда, геометрична інтерпретація основних понять метричної геометрії викликає певні труднощі, оскільки доводиться окремі факти, що не мають місця у геометрії Евкліда, зображати у двовимірному чи тривимірному евклідових просторах. Наведемо декілька прикладів такої інтерпретації.

Приклад 1. На відрізку $[0; 1]$ розглянемо чотири функції: $y_1 = 0, y_2 = 1, y_3 = x, y_4 = 1 - x$. Якщо розглядати функції y_1, y_2, y_3, y_4 у якості точок простору $C_{[0,1]}$, то за метрикою цього простору відстані між ними будуть:

$$\rho_{12} = \rho_{13} = \rho_{14} = \rho_{23} = \rho_{24} = \rho_{34} = 1.$$

У геометрії Евкліда такі точки утворюють правильний тетраедр з одиничною довжиною ребер. Отже, щоб інтерпретувати взаємне розміщення цих чотирьох точок у просторі $C_{[0,1]}$ потрібно від їх інтерпретації у просторі R^2 перейти до простору R^3 . Для зручності позначимо точки y_1, y_2, y_3, y_4 , відповідно, буквами A, B, C, S . Виберемо певну орієнтацію тетраедра у просторі R^3 . Для цього при зображенні трикутника ABC точку A помістимо у початок координат, точку B – на додатній половині осі OX , точку C – на додатній половині площини XOY , точку S – на додатній половині простору XYZ (рис. 1).

Таке розташування точок y_1, y_2, y_3, y_4 можна підтвердити, також, використавши означення плоского розміщення точок метричного простору. Для цього обчислимо за формулою (1) кутові характеристики для кутів, які утворюють точки y_1, y_2, y_3, y_4 у просторі $C_{[0,1]}$:

$$\varphi_{213} = \varphi_{214} = \varphi_{314} = \frac{\rho_{12}^2 + \rho_{13}^2 - \rho_{23}^2}{2\rho_{12}\rho_{13}} = \frac{1^2 + 1^2 - 1^2}{2 \cdot 1 \cdot 1} = 0,5.$$

Підставивши ці значення у формулу (2) отримаємо:

$$1 + \varphi_{213}\varphi_{214}\varphi_{314} - \varphi_{213}^2 - \varphi_{214}^2 - \varphi_{314}^2 = 1 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 - (0,5)^2 - (0,5)^2 - (0,5)^2 \neq 0.$$

Отже, точки y_1, y_2, y_3, y_4 не є плоскою розміщеними у просторі $C_{[0,1]}$.

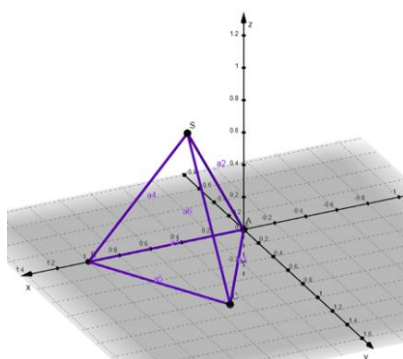


Рис. 1. Розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 простору $C_{[0,1]}$ у системі координат простору R^3

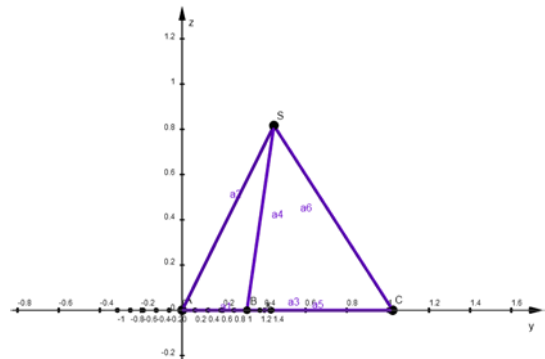


Рис. 2. Розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 при повороті системи координат

Зображення на Рисунку 1 отримано за допомогою динамічного геометричного середовища GeoGebra 3D. Щоб зобразити точки у цьому середовищі необхідно задати їх координати. Для цього, за допомогою формули Юнгіуса об'єму тетраедра через довжину його ребер, були розраховані координати вершин A, B, C, S тетраедра (Валько та ін., 2021). У цьому середовищі можна поворотом системи координат візуально впевнитись у тому, що точки y_1, y_2, y_3, y_4 дійсно не є плоско розміщеними. Систему координат повернемо таким чином, щоб точки A, B, C, S можна було спостерігати з точки, що знаходиться на площині XOY (рис. 2).

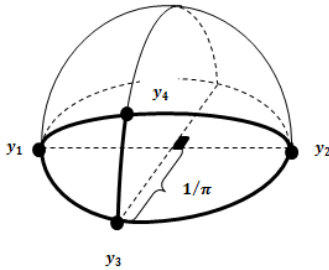


Рис. 3. Інтерпретація розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 простору C_L у просторі R^3

Якщо розглядати функції y_1, y_2, y_3, y_4 у якості точок простору C_L , то за метрикою цього простору відстані між ними будуть:

$$\rho_{12} = 1; \rho_{13} = \rho_{14} = \rho_{23} = \rho_{24} = \rho_{34} = 0,5.$$

При таких відстанях між цими точками, їх взаємне розміщення не можна зобразити у геометрії Евкліда. Вони не можуть лежати на одній прямій (точки y_1, y_3, y_4 утворюють рівносторонній трикутник). Ці точки не можуть лежати у одній площині, оскільки точки y_1, y_2, y_3 розміщені прямокутно ($\rho_{13} + \rho_{23} = \rho_{12}$), а також точки y_1, y_2, y_4 розміщені прямокутно ($\rho_{14} + \rho_{24} = \rho_{12}$), тому точки y_3 і y_4 повинні співпадати, хоча відстань між ними додатна. Крім того, з точок y_1, y_2, y_3, y_4 не можна побудувати тетраедр, оскільки при будь-якій орієнтації три його вершини будуть прямокутно розміщені.

Можна побудувати інтерпретацію такого розміщення, використавши сферу у просторі R^3 . Розмістимо точки y_1, y_2, y_3, y_4 на півсфері радіуса $\frac{1}{\pi}$. За відстань між парою точок на півсфері візьмемо довжину дуги великого півкола, яка з'єднує ці точки (Рис. 3).

При такій інтерпретації, точки y_1 і y_2 будуть кінцями діаметра великого кола, довжина якого дорівнює дві одиниці, а точки y_3 і y_4 будуть лежати на середині двох півкіл, що з'єднують точки y_1 і y_2 . Причому, точки y_1, y_3, y_4 , а також точки y_2, y_3, y_4 , будуть утворювати рівносторонні сферичні трикутники.

Приклад 2. На відрізку $[0; 1]$ розглянемо наступні функції: $y_1 = x, y_2 = -x, y_3 = -x + 1, y_4 = x - 1$. У роботі Kuz'mich V. та Kuz'mich L. (2021) показано, що функції y_1, y_2, y_3, y_4 , як точки простору $C_{[0,1]}$, прямокутно розміщені у цьому просторі. Особливістю такого розміщення є те, що кожна з цих точок «лежить між» деякими двома з них. У геометрії Евкліда серед чотирьох прямокутно розміщених точок дві з них обов'язково будуть «крайніми», а дві – «внутрішніми» (Каган, 1956). Більше того, на відміну від геометрії Евкліда, точки y_1, y_2, y_3, y_4 не будуть плоско розміщеними у цьому просторі. Дійсно, знайдемо відстані між цими точками за метрикою простору $C_{[0,1]}$:

$$\rho_{12} = 2; \rho_{13} = 1; \rho_{14} = 1; \rho_{23} = 1; \rho_{24} = 1; \rho_{34} = 2.$$

За формулою (1) знаходимо числові характеристики кутів, які мають своєю вершиною, наприклад, точку y_1 :

$$\varphi_{213} = \frac{\rho_{12}^2 + \rho_{13}^2 - \rho_{23}^2}{2\rho_{12}\rho_{13}} = \frac{2^2 + 1^2 - 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 1} = 1; \varphi_{214} = \frac{\rho_{12}^2 + \rho_{14}^2 - \rho_{24}^2}{2\rho_{12}\rho_{14}} = \frac{2^2 + 1^2 - 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 1} = 1; \varphi_{314} = \frac{\rho_{13}^2 + \rho_{14}^2 - \rho_{34}^2}{2\rho_{13}\rho_{14}} = \frac{1^2 + 1^2 - 2^2}{2 \cdot 1 \cdot 1} = -1.$$

Ці значення підставимо у ліву частину формули (2):

$$1 + \varphi_{213}\varphi_{214}\varphi_{314} - \varphi_{213}^2 - \varphi_{214}^2 - \varphi_{314}^2 = 1 + 1 \cdot 1 \cdot (-1) - 1^2 - 1^2 - (-1)^2 \neq 0.$$

Отже, точки y_1, y_2, y_3, y_4 не є плоско розміщеними у просторі $C_{[0,1]}$.

Якщо запропонувати студентам навести геометричну інтерпретацію Прикладу 2 у просторі R^2 , то це може викликати у них складнощі, оскільки у цьому просторі пряма лінія завжди належить площині. Однак, така інтерпретація можлива, якщо за відстань між точками у просторі $C_{[0,1]}$ взяти довжину деякої дуги лінії, що з'єднує образи цих точок у просторі R^2 . Наприклад, щоб продемонструвати у просторі R^2 взаємне розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 , розмістимо їх на колі радіуса $\frac{2}{\pi}$, а за відстань між парою цих точок можна взяти довжину меншої з двох дуг кола, які з'єднують ці точки (Рис. 4).

Той факт, що точки y_1, y_2, y_3, y_4 не є плоско розміщеними у просторі $C_{[0,1]}$ зручно проілюструвати, як і у Прикладі 1, на півсфері радіуса $\frac{2}{\pi}$ у просторі R^3 (Рис. 5).

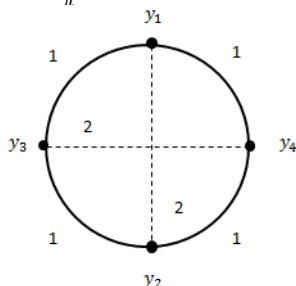


Рис. 4. Інтерпретація прямокутного розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 простору $C_{[0,1]}$ у просторі R^2

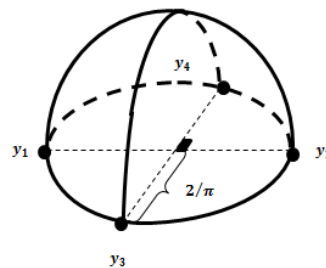


Рис. 5. Інтерпретація розміщення точок y_1, y_2, y_3, y_4 простору $C_{[0,1]}$ у просторі R^3

При такій інтерпретації, точки y_1 і y_2 , а також точки y_3 і y_4 , будуть, відповідно, кінцями двох взаємно перпендикулярних діаметрів великого кола, довжина якого дорівнює чотири одиниці.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати роботи вказують на те, що візуалізація геометричних властивостей метричних просторів сприяє більш глибокому та усвідомленому сприйняттю і розумінню студентами основ теорії метричних просторів. Аналогія окремих співвідношень між точками метричного простору з відповідними співвідношеннями у геометрії Евкліда дає можливість

прослідкувати зміну характерних геометричних властивостей простору при зміні його метрики. Застосування спеціальних графічних можливостей відповідних програмних засобів дозволяє не лише візуалізувати взаємне розміщення точок метричного простору, але і прослідкувати його зміну при зміні точки спостереження цього розміщення. Подальші розвідки слід спрямувати на встановлення співвідношень паралельності і перпендикулярності множин точок у метричних просторах та їх візуалізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров, А.Д. (1948). *Внутренняя геометрия выпуклых поверхностей*. Москва-Ленинград: ОГИЗ.
2. Давидов, М.О. (1979). *Курс математического анализа. Часть 3*. Київ: Вища школа.
3. Деза, Е. & Деза, М. (2008). *Энциклопедический словарь расстояний*. Москва: Мир.
4. Каган, В.Ф. (1956). *Основания геометрии. Часть 2*. Москва-Ленинград: Гостехиздат.
5. Каган, В.Ф. (1963). *Очерки по геометрии*. Москва: Издательство Московского университета.
6. Канторович, Л.В., & Акилов, Г.П. (1977). *Функциональный анализ*. Москва: Наука.
7. Колмогоров, А.М., & Фомин, С.В. (1974). *Элементы теории функций и функционального анализа*. Київ: Вища школа.
8. Валько, К.В., Кузьмич, В.І., Кузьмич, Л.В., & Савченко О.Г. (2021). Моделивання взаємного розміщення точок метричного простору. *Прикладні питання математичного моделювання, Херсонський національний технічний університет*, 4(2.1), 48-57.
9. Следзинский, И.Ф. (1973). *Формирование понятий расстояния и метрического пространства у учащихся общеобразовательной средней школы* [Автореф. дис. канд. пед. наук, Київський державний педагогічний інститут ім. О.М. Горького].
10. Филер, З.Ю., & Чуйков, А.С. (2021). Методика пошуку комплексних розв'язків нерівностей способом нев'язки. *Фізико-математична освіта*, 5(31), 73-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-011>.
11. Berger, M. (2009). *Geometry I*. Springer.
12. Burago, D., Burago, Y., & Ivanov, S. (2001). *A course in metric geometry*. AMS.
13. Dovgoshei, A.A., & Dordovskii D.V. (2009). Betweenness relation and isometric imbeddings of metric spaces. *Ukrainian Mathematical Journal*, 61(10), 1556-1567.
14. Kuz'mich, V.I. (2019). Geometric properties of metric spaces. *Ukrainian Mathematical Journal*, 71(3), 435-454. <https://doi.org/10.1007/s11253-019-01656-1>.
15. Kuz'mich, V.I., & Kuzmich, L.V. (2021). Elements of non-Euclidean geometry in the formation of the concept of rectilinear placement of points in schoolchildren. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840, 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012004>.
16. Lénárt, I. (2020). The Algebra of Projective Spheres on Plane, Sphere and Hemisphere. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 10(8), 2286-2333. <https://doi.org/10.4236/jamp.2020.810171>.
17. Lénárt, I., & Rybak, A. (2017). Comparative Geometry in Primary and Secondary School. In: *The Pedagogy of Mathematics: Is There a Unifying Logic?* Johannesburg: Mapungubwe Institute for Strategic Reflection, 107-124.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Aleksandrov, A.D. (1948). *Vnutrennjaja geometrija vypuklykh poverhnostej* [Internal geometry of convex surfaces]. Moskva-Leningrad: OGIz. (in Russian).
2. Davydov, M.O. (1979). *Kurs matematychnoho analizu. Chastyna 3* [Course of mathematical analysis. Part 3]. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
3. Deza, E. & Deza, M. (2008). *Jenciklopedicheskij slovar' rasstojanij* [Encyclopedic Dictionary of Distances]. Moskva: Mir. (in Russian).
4. Kagan, V.F. (1956). *Osnovanija geometrii. Chast' 2* [Foundations of geometry. Part 2]. Moskva-Leningrad: Gostehizdat. (in Russian).
5. Kagan, V.F. (1963). *Oчерки по геометрии* [Geometry essays]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. (in Russian).
6. Kantorovich, L.V., & Akilov, G.P. (1977). *Funkcional'nyj analiz* [Functional analysis]. Moskva: Nauka. (in Russian).
7. Kolmogorov, A.M., & Fomin, S.V. (1974). *Elementy teorii funktsij i funktsional'nogo analizu* [Elements of the theory of functions and functional analysis]. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
8. Valko, K.V., Kuz'mych, V.I., Kuzmich, L.V., & Savchenko, O.H. (2021). Modeliuvannia vzaiemnoho rozmishchennia tochk metrychnoho prostoru [Simulation of mutual placement of metric space points]. *Prykladni pytannia matematychnoho modeliuvannia, Khersonskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet*, 4(2.1), 48-57. (in Ukrainian).
9. Sledzinskij, I.F. (1973). *Formirovanie ponjatij rasstojanija i metricheskogo prostranstva u uchashhihsja obshheobrazovatel'noj srednej shkoly* [Formation of the concepts of distance and metric space in secondary school students]. Extended abstract of candidate's thesis. KSPI named after A.M. Gorky. (in Ukrainian).
10. Filier, Z.Iu., & Chuikov, A.S. (2021). Metodyka poshuku kompleksnykh rozv'iazkiv nerivnostei sposobom neviazky [The method of finding complex solutions of inequalities by the method of inconsistency]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 5(31), 73-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-011>. (in Ukrainian).
11. Berger, M. (2009). *Geometry I*. Springer.
12. Burago, D., Burago, Y., & Ivanov, S. (2001). *A course in metric geometry*. AMS.
13. Dovgoshei, A.A., & Dordovskii D.V. (2009). Betweenness relation and isometric imbeddings of metric spaces. *Ukrainian Mathematical Journal*, 61(10), 1556-1567.
14. Kuz'mich, V.I. (2019). Geometric properties of metric spaces. *Ukrainian Mathematical Journal*, 71(3), 435-454. <https://doi.org/10.1007/s11253-019-01656-1>.
15. Kuz'mich, V.I., & Kuzmich, L.V. (2021). Elements of non-Euclidean geometry in the formation of the concept of rectilinear placement of points in schoolchildren. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840, 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012004>.
16. Lénárt, I. (2020). The Algebra of Projective Spheres on Plane, Sphere and Hemisphere. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 10(8), 2286-2333. <https://doi.org/10.4236/jamp.2020.810171>.
17. Lénárt, I., & Rybak, A. (2017). Comparative Geometry in Primary and Secondary School. In: *The Pedagogy of Mathematics: Is There a Unifying Logic?* Johannesburg: Mapungubwe Institute for Strategic Reflection, 107-124.



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-002

УДК 378.018.43 : 004.9

МОДЕЛЬ ДОСТАВКИ ЦИФРОВОГО НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В УМОВАХ ВІДКРИТОЇ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ ОСВІТИ

Олена ГЛАЗУНОВА

Національний університет біоресурсів
 і природокористування України, Київ, Україна
 o-glazunova@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0136-4936>

Тетяна ВОЛОШИНА

Національний університет біоресурсів
 і природокористування України, Київ, Україна
 t-voloshina@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6020-5233>

Валентина КОРОЛЬЧУК

Національний університет біоресурсів
 і природокористування України, Київ, Україна
 korolchuk@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3145-8802>

Максим МОКРІЄВ

Національний університет біоресурсів
 і природокористування України, Київ, Україна
 m.mokriev@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6717-3884>

Олена КУЗЬМІНСЬКА

Національний університет біоресурсів
 і природокористування України, Київ, Україна
 o.kuzminska@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8849-9648>

MODEL

OF DIGITAL EDUCATIONAL CONTENT DELIVERY IN OPEN UNIVERSITY EDUCATION

Olena GLAZUNOVA

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
 o-glazunova@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0136-4936>

Tetiana VOLOSHYNA

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
 t-voloshina@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6020-5233>

Valentyna KOROLCHUK

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
 korolchuk@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3145-8802>

Maksym MOKRIIEV

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
 m.mokriev@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6717-3884>

Olena KUZMINSKA

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
 o.kuzminska@nubip.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8849-9648>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Зважаючи на виклики, з якими стикається сучасне суспільство, зокрема, пандемії, війни тощо, та освітні тенденції, пов'язані з персоналізованою та відкритою освітою, важливим стає питання забезпечення індивідуальних освітніх потреб студентів, які можливо задовольнити шляхом створення персоналізованого навчального контенту та відкритого доступу до нього. Проблема полягає у тому, що у закладах вищої освіти відсутній відповідний рівень готовності переходу на принципи відкритості та забезпечення доставки навчального контенту здобувачам в умовах відкритої університетської освіти.

Матеріали і методи. З метою вирішення поставленої проблеми було застосовано методи аналізу, класифікації та систематизації наукових джерел з проблеми дослідження, методи моделювання для розробки моделі доставки навчального контенту в умовах відкритої освіти. Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи «Створення моделі гібридного веборієнтованого середовища доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти» за договором №110/11-пр-2020.

Результати. У дослідженні проведено аналіз варіантів доставки різноманітного навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти. Обґрунтовано та розроблено модель доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти, що включає: концептуальний, функціональний, технологічний, організаційний, методичний та діагностичний блоки. На основі запропонованих блоків визначено педагогічні умови для ефективної доставки навчального контенту.

ABSTRACT

Given the challenges facing modern society, such as pandemics, wars, etc., and educational trends related to personalized and open education, it is important to meet the individual educational needs of students that can be met by creating personalized learning content and open access to him. The problem is that in higher education institutions there is no appropriate level of readiness to move to the principles of openness and ensure the delivery of educational content to applicants in open university education.

Formulation of the problem. In the current conditions of educational development and in the midst of COVID-19, the issue of providing individual educational needs of students, which can be met through open education, is becoming important. The problem is that in higher education institutions there is no appropriate level of readiness to move to the principles of openness and ensure the delivery of educational content to applicants in open university education.

Materials and methods. In order to solve this problem, methods of analysis, classification and systematization were used to work with scientific sources on the research problem, as well as modelling methods to develop a model of delivery of educational content in open education. The research was performed within the research work "Creating a model of a hybrid web-oriented environment for the delivery of educational content in an open university education" under the contract №110/11-pr-2020.

Results. The study analyzes the options for delivery of various types of educational content in the conditions of open university education. A model of delivery of educational content in the conditions of open university education is proposed, which includes: conceptual, functional, technological, organizational, methodical and diagnostic blocks. On the basis of the offered blocks pedagogical conditions for effective delivery of educational content are defined.

Для цитування:

Глазунова О., Волошина Т., Корольчук В., Мокрієв М., Кузьмінська О. Модель доставки цифрового навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 12-17. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-002

Glazunova, O., Voloshyna, T., Korolchuk, V., Mokriev, M., & Kuzminska, O. (2022). Model of delivery of digital educational content in open university education. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 12-17. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-002>

For citation:

Glazunova, O., Voloshyna, T., Korolchuk, V., Mokriev, M., & Kuzminska, O. (2022). Model dostavky tsyfrovoho navchalnoho kontentu v umovakh vidkrytoi universytetskoï osvity [Model of digital educational content delivery in open university education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 12-17. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-002>

✉ Corresponding author

© O. Glazunova, T. Voloshyna, V. Korolchuk, M. Mokriev, O. Kuzminska, 2022

Висновки. Враховуючи тенденції інформатизації освітнього простору та відкритості університетської освіти, дотримуючись принципів відкритої, дистанційної та неформальної освіти, результатом реалізації запропонованої моделі передбачаємо ефективне забезпечення доставки навчального контенту для різних форм та видів навчальної діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: принципи освіти; відкрита освіта; відкрита університетська освіта; цифровий навчальний контент; доставка контенту.

Conclusions. Given the trends of informatization of educational space and openness of university education, adhering to the principles of open, distance and non-formal education, the implementation of the proposed model provides for the delivery of educational content in various forms and types of educational activities.

KEYWORDS: principles of education; open education; open university education; digital educational content; content delivery.

ВСТУП

Постановка проблеми. У зв'язку зі стрімким розвитком сучасного інформаційного суспільства, яке змушене швидко реагувати на різні виклики, пов'язані з пандеміями, війнами та іншими ситуаціями, освітній процес стає більш віртуальним, а система університетської освіти відкритою, активно впроваджуються в освітній процес нові інформаційні технології. Відсутність відповідного рівня готовності закладів вищої освіти до переходу на принципи відкритості зумовлює необхідність вивчення питання щодо створення якісного цифрового навчального контенту та відповідно його доставки в умовах відкритої університетської освіти.

Аналіз актуальних досліджень. У відкритій університетській освіті є звичним використання різноманітного навчального контенту залежно від: форми навчання (традиційна, змішана, дистанційна), планування видів навчальної діяльності (підготовча робота, подання теоретичного матеріалу (лекції), тренування, виконання лабораторної (практичної) роботи), самостійна робота, колективна робота, оцінювання, рефлексія, зворотний зв'язок), зокрема це актуально в період карантину, пов'язаного з COVID-19. Багато закладів освіти рухаються до змішаної форми навчання і змішаної доставки навчальних матеріалів в межах дисциплін, тобто доставка контенту була розподілена між режимами «face-to-face» та онлайн (White, et al., 2018). Є. Лонг (E. Long), С. Віджайкумар (S. Vijaykumar), С. Гі (S. Gyi), Ф. Хаміді (F. Hamidi) зазначають, що спалах COVID-19 та вимушена ізоляція усіх учасників навчального процесу спричинили проблеми в доставці навчального контенту та доступу до нього, оскільки швидкий перехід до онлайн та дистанційного навчання виявив недоліки існуючих навчальних систем та інфраструктури, а також надав можливості для створення нових та доступних рішень (Long, et al., 2021). У статті (Kuge & Zhanikeev, 2022) розглядаються проблеми, пов'язані з подачею освітнього контенту, які виникли через пандемію COVID-19. На думку Я. Кузілек (J. Kuzilek), Я. Вацлавек (J. Vacklavec), З. Здрагал (Z. Zdrahal), В. Фуглік (V. Fuglik) доставка навчального контенту за допомогою віртуальних навчальних середовищ дає змогу не лише отримати доступ до інформації про використання студентами освітнього контенту, а також провести аналіз отриманих даних для моделювання та прогнозування результатів навчання студентів (Kuzilek, et al., 2019).

Проблему створення та доставки навчального контенту досліджували: С. Березенська (засоби e-learning для подання теоретичного контенту), В. Кухаренко та В. Бондаренко (дистанційний курс на базі платформи Moodle для доставки навчального матеріалу та розміщення виконаних завдань), Н. Басараба (навчальний курс на платформі дистанційного навчання Moodle для зберігання, доставки навчальних матеріалів), Т. Готьє (T. Gauthier), Ж. Братберг (J. Bratberg), К. Лой (K. Loi), М. ДіВал (M. DiVall) (доставка навчального контенту через Instagram).

Р. Сабхарвал (R. Sabharwal), М. Хоссейн (M. Hossain), Р. Чуг (R. Chugh), М. Уеллс (M. Wells) досліджують можливості створення, керування та доставки навчального контенту з використанням систем управління навчанням (LMS), зазначаючи, що вони є важливою програмною платформою для проведення освітніх і навчальних курсів онлайн. Ключовим фактором ефективності таких систем автори визначають зручність використання, оцінюючи наскільки користувачі можуть використовувати її для ефективного досягнення своїх навчальних цілей (Sabharwal, et al., 2019).

В. Кухаренко та В. Бондаренко стверджують “незважаючи на велику кількість електронних освітніх ресурсів, що були створені до пандемії, їх використання до її початку, сприймалося, більшою мірою, як екзотичний навчальний засіб (для зручного звітування про методичну роботу) і не мало системного характеру, а тому, коли постала необхідність забезпечення доставки освітнього контенту «якомога швидше» й у «будь-який спосіб», то скористатися можливостями наявних електронних освітніх ресурсів змогло не багато закладів. Заклади вищої освіти (ЗВО) почали використовувати доступні технології, такі як аудіозв'язок (тобто телефони), відеоматеріали та телебачення, щоб провести дистанційну освіту. Ці методи доставки та засоби масової інформації продовжували використовуватися, оскільки дистанційна освіта почала рости як форма навчання” (Кухаренко та Бондаренко, 2020).

Характерні риси різних типів цифрового навчального контенту, який використовується у системах відкритої університетської освіти: презентації, інструкції, електронні посібники, методичні рекомендації, тести й опитувальники, навчальні ігри, графічні зображення, діаграми та графіки, інфографіка, відеоуроки, відеолекції, скрінкасти та подкасти, ресурси віртуальної та доповненої реальності – описано у статті (Гуржій, та ін., 2020).

На думку С. Березенської “системи управління навчанням, які є платформою для розробки та проведення електронних навчальних курсів, володіють досить потужним інструментарієм для організації роботи з теоретичною складовою навчальної дисципліни – вони виступають і як центр створення та акумуляції навчального контенту, і як центр забезпечення інтерактивної взаємодії між учасниками навчального процесу” (Березенська, 2016). К. Канєв (K. Kanev) та інші у своїй праці (2019) розглядають підхід до безпечної доставки освітнього контенту через мобільні маршрутизатори з функціонально покращеною прошивкою.

Мета статті. Обґрунтувати та розробити модель доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розв'язання завдань дослідження застосовано методи аналізу та моделювання, зокрема, здійснено аналіз стану дослідження у наукових публікаціях вітчизняних та зарубіжних дослідників, моделювання системи доставки

навчального контенту. Дослідження пов'язане із виконанням завдань науково-дослідної роботи «Створення моделі гібридного веборієнтованого середовища доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти» за договором №110/11-пр-2020. Автори статті є виконавцями даного проекту.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розроблена модель доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти, що наведена на рис. 1, включає: концептуальний, функціональний, технологічний, організаційний, методичний та діагностичний блоки. Основною метою даної моделі є забезпечення доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти.

До концептуального блоку ми відносимо основні психолого-педагогічні принципи та технічні стандарти, які варто враховувати при доставці електронного навчального контенту в умовах відкритої освіти.

Ю. Биковим та М. Шишкіною обґрунтовано категорії принципів, які варто враховувати при формуванні навчального середовища: принципи відкритої освіти та специфічні принципи (характерні виключно для хмаро орієнтованих середовищ) (Биков та Шишкіна, 2016). Принципи відкритої освіти взяті за основу при виділенні принципів доставки навчального контенту. Оскільки в умовах відкритої університетської освіти доступ до навчального контенту студенти отримують віддалено, та отримані результати навчання фіксуються за допомогою відповідних протоколів, крім принципів відкритої освіти, варто враховувати принципи дистанційної та неформальної освіти.

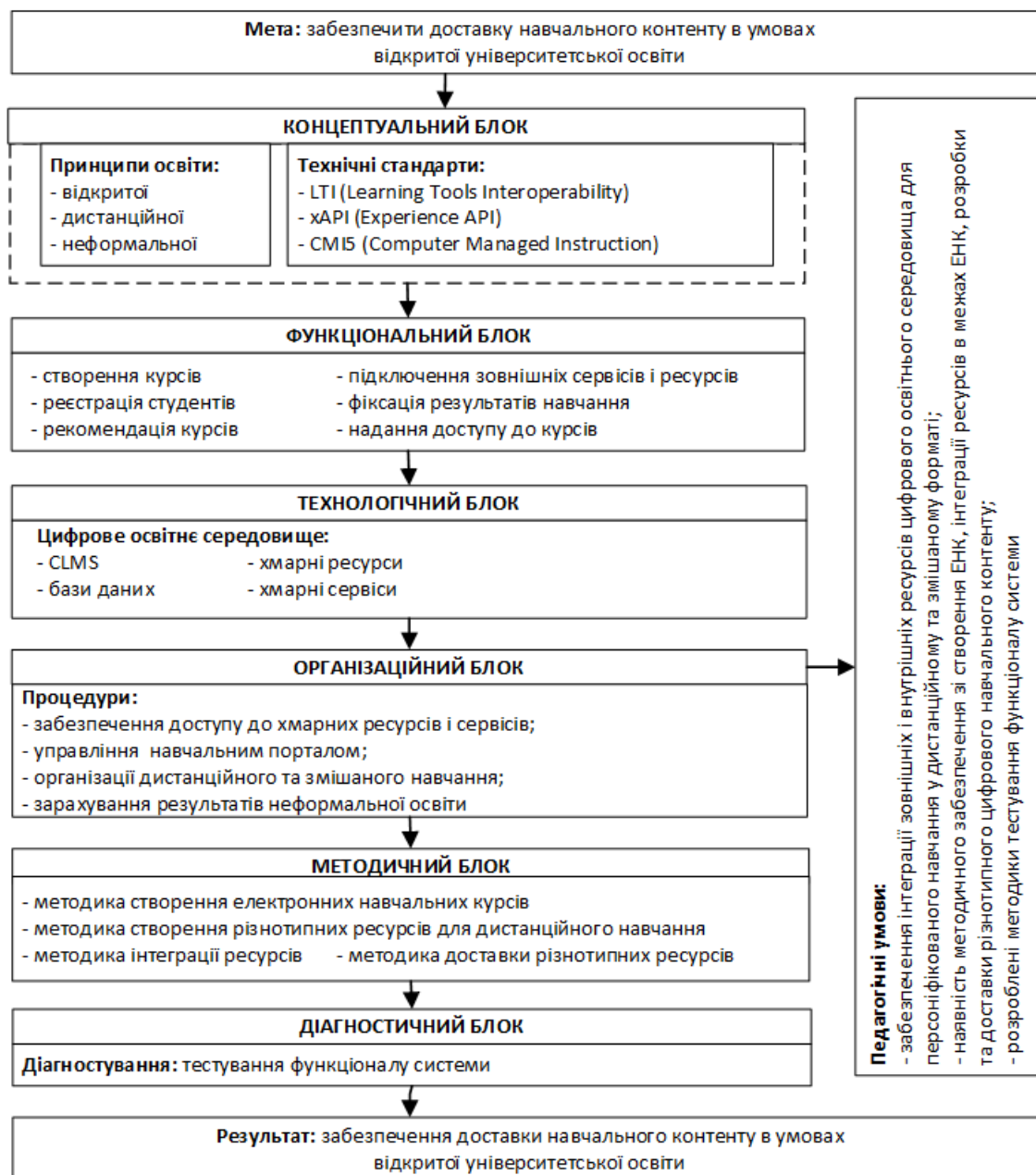


Рис. 1. Модель доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти

Відповідно нами виділено такі психолого-педагогічні принципи, згідно яких здійснюється створення та доставка електронного навчального контенту в умовах відкритої освіти:

– відкритої освіти: мобільності викладачів та студентів (забезпечення мобільності викладачів та студентів як на ринку освітніх послуг так і на ринку праці), рівного доступу до навчального контенту (забезпечення рівних умов для отримання доступу до навчального контенту для всіх учасників освітнього процесу в системах відкритої освіти), надання якісного контенту (використання відкритих університетських систем для забезпечення доступу до такого контенту, який відповідатиме індивідуальним освітнім потребам студентів), формування структури та реалізації освітніх послуг (забезпечення ринкових механізмів формування якісної і кількісної структури підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації тих, хто навчається, та реалізації спектру освітніх послуг, що пропонуються і здійснюються через системи відкритої освіти);

– дистанційної освіти: мобільності навчання (створенні канали доставки контенту, дозволятимуть студентам коригувати або доповнювати власну освітню траєкторію в бажаному напрямку), відповідності технологій методам навчання (технології, що застосовуються під час створення та доставки контенту в умовах відкритої освіти адекватні методам, які спрямовуються на засвоєння студентами необхідних знань, умінь та навичок), гуманістичності навчання (створення максимально сприятливих умов для засвоєння знань та накопичення практичного досвіду), забезпечення захисту інформації (забезпечення організаційних та технічних засобів безпечного та конфіденційного зберігання, передачі і використання освітнього контенту);

– неформальної освіти: орієнтованість на студентів (створення контенту, відповідно до навчального стилю студента: візуального, аудіального, вербального та кінестетичного), орієнтованість на процес (створення контенту, який дасть можливість не тільки засвоїти необхідні знання, а й розвинути здатність студентів до навчання), експериментального навчання (створення контенту, що допоможе вирішувати реальні проблеми на практиці), особистою відповідальністю (кожен учасник освітнього процесу несе особисту відповідальність за результати навчання).

Також до концептуального блоку віднесено технічні стандарти, що визначають вимоги до технічних характеристик систем, які забезпечуватимуть доставку контенту та об'єднуюватимуться в єдине середовище, а саме: LTI (Learning Tools Interoperability), xAPI (Experience API) та CMIS (Computer Managed Instruction).

LTI – це галузевий стандарт, розроблений IMS Global, який направлений на взаємодію різних навчальних систем з метою обміну між ними навчальною інформацією. Стандарт LTI вирішує проблему підключення навчальних програм і систем, визначаючи загальну структуру для доступу та обміну інформацією. Стандарт LTI має три ключові цілі:

– забезпечити просте розгортання в стилі mashup у форматі URL-адреси, який можуть з легкістю використовувати адміністратори та викладачі LMS;

– визначити протокол для запуску програм із LMS за допомогою єдиного входу (SSO), який усуває необхідність у кількох облікових записах користувачів для кожної програми. Тобто, користувач під своїм обліковим записом переходить до іншої системи без потреби окремої реєстрації;

– робить посилання на зовнішні програми портативними, використовуючи загальний формат даних. Це дозволяє легко мігрувати між LMS та програмами.

Цей стандарт робить привабливим те, що вже зараз LTI підтримується багатьма популярними LMS та веб-сервісами. На сайті IMS Global Learning Consortium [IMS Certified Product Directory. IMS Global Learning Consortium. URL: <https://site.imsglobal.org/certifications>] можна знайти перелік сертифікованих продуктів з підтримкою LTI.

Технології xAPI (раніше відомий також під назвою Tin Can API) (Bakharia, 2016) та CMIS є логічним продовженням технології SCORM, представленої ще в 2001 році. Проте, SCORM, як і технології на яких вона базується, вже є застарілими. І на заміну їм прийшли нові – гнучкіші та такі, що підтримують мобільні технології. Технологія CMIS, яка розроблена у 2016 році, є логічним продовженням технології xAPI, розробленої у 2013 році, та чіткіше визначає її поведінку і також орієнтується на використання в офлайн та на мобільних пристроях.

Функціональний блок включає основні процеси, які забезпечуватимуть доставку навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти: створення курсів, реєстрація студентів, рекомендація курсів, підключення зовнішніх сервісів і ресурсів, надання доступу до курсів, а також фіксація результатів навчання студентами. Створення курсу передбачає планування майбутньої діяльності на курсі, створення необхідного різноманітного цифрового контенту для отримання студентами необхідних умінь та навичок, його розміщення у даному курсі. Для розміщення матеріалу для додаткового вивчення студентами, викладачу надана можливість підключення зовнішніх ресурсів і сервісів, у яких розміщено навчальний контент, а також у яких можливе створення контенту безпосередньо студентами. При реєстрації студентів викладач надає студентам до курсу та відповідно до розміщеного у даному курсі контенту. Після реєстрації студентів на курс, викладач здійснює добір “зовнішніх” курсів (це можуть бути як МООС, так і модулі інших курсів), наприклад, для реалізації адаптивного навчання та надає до них доступ кожному студенту. Після проходження таких курсів студентами, за допомогою протоколу LTI здійснюється фіксація результатів навчання студентів.

Для створення цифрового навчального контенту розроблена велика кількість програмного забезпечення, призначеного для роботи на власному пристрої або у хмарному середовищі. Саме тому в технологічному блоці моделі наведено складові цифрового освітнього середовища, а саме: CLMS системи, бази даних, хмарні ресурси та сервіси, які забезпечують доставку навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти.

CLMS системи дозволяють поєднати контент курсу, навчальні матеріали, адміністрування та управління освітнім процесом. До таких систем відносяться платформи: Moodle, Canvas, WebTutor, iSpring Page, Collaborator та інші.

Бази даних в освітньому процесі представляють собою не лише бази даних користувачів, але й бази знань, які дозволяють організувати зберігання навчального контенту та забезпечують зручне представлення, пошук та надання доступу до такого контенту для користувачів.

Хмарні ресурси включають академічні ресурси (довідники Microsoft, Google), платформи масових відкритих онлайн курсів (Microsoft Imagine Academy, Cisco Networking Academy, edX, Khan Academy, Udemy, Coursera, Prometheus) та професійні спільноти відповідної предметної області.

Хмарні сервіси використовуються як для створення так і для доставки навчального контенту в умовах відкритої науки. Застосування хмарних сервісів розширює можливості по створенні різних типів контенту, що дозволяє врахувати при створенні як навчальні стилі студентів, так і забезпечити краще засвоєння навчального матеріалу студентами.

Організаційним блоком даної моделі передбачено процедури, якими керуються для доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти:

- забезпечення доступу до хмарних ресурсів і сервісів, якими визначаються правила роботи з ними, регламентується порядок отримання доступу до навчальних ресурсів, сервісів та навчального контенту, а також визначає порядок інтеграції таких ресурсів і сервісів;

- організація дистанційного і змішаного навчання, яке визначає основні засади організації та запровадження дистанційного навчання, при “взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій” (2013), а також основні засади організації та впровадження змішаної форми навчання в умовах відкритої університетської освіти;

- управління навчальним порталом, регламентує принципи та правила роботи навчальними порталами в межах яких здійснюється доставка навчального контенту, правила створення електронних навчальних курсів, їхня структура та стандарти створення кожного типу ресурсу;

- зарахування результатів неформальної освіти описує порядок визнання результатів навчання отриманих шляхом неформального або інформального навчання в умовах відкритої освіти.

Методичний блок представляє методіку інтеграції ресурсів, створення електронних навчальних курсів, різнотипних ресурсів для дистанційного навчання, а також доставки різнотипних ресурсів.

Методика створення електронних навчальних курсів (ЕНК) визначає вимоги до такого курсу, описує процедури створення основних складових частин курсу, вбудування додаткових елементів та роботи з елементами керування курсом. Методика інтеграції ресурсів визначає метод інтегрованого опрацювання даних отриманих з неоднорідних ресурсів з метою їх інтеграції та подальшого управління, яка базується на моделі представлення даних як узгодженого поєднання ресурсів, правил їх збереження, інтерпретації та структури. Методика створення різнотипних ресурсів для дистанційного навчання описує процедуру створення різнотипного контенту та добору типу навчального контенту залежно від навчального стилю студента. Способи доставки кожного типу електронного навчального контенту та їх можливу інтеграцію в межах єдиного електронного навчального курсу описує методика доставки різнотипних ресурсів для дистанційного навчання.

Діагностичним блоком передбачено тестування функціоналу системи, яке дасть змогу оцінити зовнішню поведінку системи, виявити невідповідності між реальною та очікуваною поведінкою, здійснити тестування помилок та усунути виявлені невідповідності як у роботі системи при доставці електронного навчального контенту, так і при її інтеграції з зовнішніми ресурсами.

Розроблена модель функціонує при виконанні таких педагогічних умов:

- забезпечення інтеграції зовнішніх і внутрішніх ресурсів цифрового освітнього середовища для персоналізованого навчання у дистанційному та змішаному форматі;

- наявність методичного забезпечення зі створення ЕНК, інтеграції ресурсів в межах ЕНК, розробки та доставки різнотипного цифрового навчального контенту;

- розроблені методики тестування функціоналу системи.

Поєднання представлених блоків, спрямоване на підтвердження визначеної мети даної моделі, а саме забезпечення доставки різнотипного навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти, та виконання зазначених педагогічних умов.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Обґрунтована модель доставки навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти має такі основні складові блоки: концептуальний, функціональний, технологічний, організаційний, методичний та діагностичний блоки. Доставка навчального контенту в умовах відкритої університетської освіти за розробленою моделлю базується на використанні сучасних технічних стандартів LTI, xAPI, CMI5 та забезпечить студентів якісним навчальним контентом у умовах традиційного, змішаного та дистанційного навчання і сприятиме реалізації відкритої освіти на рівні та встановленню горизонтальних зв'язків як на рівні конкретного ЗВО (між окремими курсами різних факультетів), так і в більш широкому контексті (інтеграція з МООС чи електронними курсами різних університетів).

Перспективами подальшого дослідження є розробка процедур створення та доставки різних типів електронного навчального контенту, що дозволить підвищити рівень відкритості освіти в ЗВО, а також розроблення методичних рекомендацій щодо застосування різнотипних ресурсів і сервісів веборієнтованого середовища учасниками освітнього процесу всіх рівнів у ЗВО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bakharia, A. et al. (2016). Recipe for success: lessons learnt from using xAPI within the connected learning analytics toolkit. *Sixth international conference on learning analytics & knowledge* (p. 378-382).
2. Kanev, K., Gelsomini, F., Bottoni, P., Ficarola, F., Pedone, M., Vitali, D., & Hung, P.C.K. (2019). A Novel Approach for Secure In-class Delivery of Educational Content via Mobile Routers with Functionally Enhanced Firmware. *Mobile Technologies and Applications for the Internet of Things. IMCL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, (909). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11434-3_28.
3. Kuge, N., Zhanikeev, M. (2022). Educational Content Delivery in Mixed Online/Offline University Campuses. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2021*, (3). *FTC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, (360). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89912-7_54.
4. Kuzilek, J., Vaclavek, J., Zdrahal, Z., & Fuglik, V. (2019). Analysing Student VLE Behaviour Intensity and Performance. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, (11722 LNCS), 587-590. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_45.

5. White, L. J., McGowan, H. W., McDonald, A. C. (2018). The effect of content delivery style on student performance in anatomy. *Anatomical Sciences Education*. <https://doi.org/10.1002/ase.1787>.
6. Long, E., Vijaykumar, S., Gyi, S., & Hamidi, F. (2021). Rapid Transitions: Experiences with Accessibility and Special Education during the COVID-19 Crisis. *Frontiers in Computer Science*, (2). <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.617006>.
7. Sabharwal, R., Hossain, M., Chugh, R., & Wells, M. (2019). Learning Management Systems in the Workplace: A Literature Review. *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018* (p. 387-393). <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615158>.
8. Березенська, С. (2016). Засоби e-learning в організації роботи з теоретичним контентом з технічних дисциплін. *Відкрите освітнє середовище сучасного університету*, 2, 93-101.
9. Биков, В., & Шишкіна, М. (2016). Теоретико-методологічні засади формування хмаро орієнтованого середовища вищого навчального закладу. *Теорія і практика управління соціальними системами*, 2, 30-52.
10. Гуржій, А., Глазунова, О., & Волошина, Т. (2020). Цифровий навчальний контент для системи відкритої освіти. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 55, 22-30. <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/602>.
11. Кухаренко, В. & Бондаренко, В. (2020). *Екстрене дистанційне навчання в Україні: Монографія*. КП «Міська друкарня».
12. Про затвердження Положення про дистанційне навчання: Наказ Міністерства освіти і науки України; Положення №466 (2013, 25 квітня). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bakharia, A. et al. (2016). Recipe for success: lessons learnt from using xAPI within the connected learning analytics toolkit. *Sixth international conference on learning analytics & knowledge* (p. 378-382).
2. Kanev, K., Gelsomini, F., Bottoni, P., Ficarola, F., Pedone, M., Vitali, D., & Hung, P.C.K. (2019). A Novel Approach for Secure In-class Delivery of Educational Content via Mobile Routers with Functionally Enhanced Firmware. *Mobile Technologies and Applications for the Internet of Things. IMCL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, (909). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11434-3_28.
3. Kuge, N., Zhanikeev, M. (2022). Educational Content Delivery in Mixed Online/Offline University Campuses. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2021, (3). FTC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, (360). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89912-7_54.
4. Kuzilek, J., Vaclavek, J., Zdrahal, Z., & Fuglik, V. (2019). Analysing Student VLE Behaviour Intensity and Performance. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, (11722 LNCS), 587-590. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_45.
5. White, L. J., McGowan, H. W., McDonald, A. C. (2018). The effect of content delivery style on student performance in anatomy. *Anatomical Sciences Education*. <https://doi.org/10.1002/ase.1787>.
6. Long, E., Vijaykumar, S., Gyi, S., & Hamidi, F. (2021). Rapid Transitions: Experiences with Accessibility and Special Education during the COVID-19 Crisis. *Frontiers in Computer Science*, (2). <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.617006>.
7. Sabharwal, R., Hossain, M., Chugh, R., & Wells, M. (2019). Learning Management Systems in the Workplace: A Literature Review. *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018* (p. 387-393). <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615158>.
8. Berezenska, S. (2016). Zasoby e-learning v orhanizatsii roboty z teoretychnym kontentom z tekhnichnykh dysyplinn [E-learning tools in the organization of work with theoretical content in technical disciplines]. *Vidkryte osvithne e-seredovyshe suchasnoho universytetu – Open educational e-environment of a modern university*, 2, 93-101. (in Ukrainian).
9. Bykov, V., & Shyshkina, M. (2016). Teoretyko-metodolohichni zasady formuvannya khmaro oriientovanoho seredovyscha vyshchoho navchalnoho zakladu [Theoretical and methodological principles of forming a cloud-oriented environment of a higher educational institution]. *Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymi systemamy – Theory and practice of social systems management*, 2, 30-52. (in Ukrainian).
10. Hurzhii, A., Hlazunova, O., Voloshyna, T. (2020). Tsyfrovyyi navchalnyi kontent dlia systemy vidkrytoi osvity [Digital learning content for the open education system]. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy – Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems*, 55, 22-30. <https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/602>. (in Ukrainian).
11. Kukhareno, V. & Bondarenko, V. (2020). *Ekstrene dystantsiine navchannia v Ukraini [Emergency distance learning in Ukraine]*. KP «Miska drukarnia». (in Ukrainian).
12. Nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy [Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine] №466 (2013, 25 april). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text>. (in Ukrainian).



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-003

UDC 004.652.3

ВЕБ-СЕРВІС ПЛАНУВАННЯ РОБІТ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖЕВОГО ГРАФА

Інна ГРОД ✉

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 grodin@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0785-2711>

Надія БАЛИК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 nadbal@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3121-7005>

Ярослав ВАСИЛЕНКО

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 yava@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2520-4515>

Сергій МАРТИНЮК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 sergmart65@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-5611-3317>

Василь ОЛЕКСИУК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 v.oleksiuk@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2206-8447>

Ольга БАРНА

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна
 barna@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2954-9692>

WEB SERVICE OF WORKS PLANNING USING NETWORK GRAPH

Inna GROD ✉

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 grodin@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0785-2711>

Nadiia BALYK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 nadbal@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3121-7005>

Yaroslav VASYLENKO

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 yava@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2520-4515>

Serhii MARTYNIUK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 sergmart65@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-5611-3317>

Vasyl OLEKSIUK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 v.oleksiuk@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2206-8447>

Olha BARNА

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
 Ternopil, Ukraine
 barna@tnpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2954-9692>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Масштабні проекти сучасного суспільства включають велику кількість різноманітних видів робіт. Мережевий граф є основним документом для планування та управління такими проектами. Це інформаційно-динамічна модель послідовності робіт і взаємозв'язків між ними. З математичної точки зору мережева модель являє собою скінченний орієнтований граф. Побудова такого графа починається з поділу проекту на чітко визначені роботи, для яких вказується тривалість. Саме математичний підхід може і повинен замінити досі поширений механічний підхід до планування роботи науково обґрунтованим поділом виробничої програми між підрозділами. Більшість авторів розкривають сутність математичного моделювання через систему складних математичних формул або наголошують на застосуванні інформаційних систем і технологій. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що деякі питання управління дискретними процесами (а саме, тайм-менеджмент) потребує подальшого розгляду та дослідження.

Матеріали і методи. Під час дослідження застосовувалися комплекс теоретичних, емпіричних та моделюючих методів, зокрема: систематичний аналіз науково-методичних джерел, результатів вітчизняного та зарубіжного досвіду вирішення проблеми, огляд існуючого програмного забезпечення для визначення стану вирішення проблеми та вибір засобів розробки веб-сервісу, аналіз методів і технологій побудови мережесхем графів, узагальнення інформації з проблеми.

ABSTRACT

Formulation the problem. Large-scale projects of the modern society include a large number of different types of work. The network graph is the main document for planning and managing such projects. This is an information-dynamic model of the sequence of works and the relationships between them. From a mathematical point of view, the network model is a finite-oriented graph. The construction of such a schedule begins with the division of the project into clearly defined works, for which the duration is specified. It is the mathematical approach that can and should replace the still widespread mechanical approach to work planning with a scientifically sound division of the production program between departments. Most authors reveal the essence of mathematical modeling through a system of complex mathematical formulas or emphasize the use of information systems and technologies. The conducted research allowed us to draw a conclusion that some discrete process management issues (namely time management) need further consideration and research.

Materials and Methods. During the study, a set of theoretical, empirical, and modeling methods were applied, in particular: systematic analysis of scientific and methodological sources, the results of domestic and foreign experience on the problem, review of existing software to determine the problem solution state and select development tools of web service, analysis of methods and technologies network graphs construction, generalization of information on the problem.

Для цитування:

Grod I., Balyk N., Vasylenko Ya., Martyniuk S., Oleksiuk V., Barna O. Web service of works planning using network graph. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34, № 2. С. 18-24. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-003

Grod, I., Balyk, N., Vasylenko, Ya., Martyniuk, S., Oleksiuk, V., & Barna, O. (2022). Web service of works planning using network graph. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 18-24. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-003>

For citation:

Grod, I., Balyk, N., Vasylenko, Ya., Martyniuk, S., Oleksiuk, V., & Barna, O. (2022). Web service of works planning using network graph. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 18-24. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-003>

Grod, I., Balyk, N., Vasylenko, Ya., Martyniuk, S., Oleksiuk, V., & Barna, O. (2022). Web service of works planning using network graph. *Fizyko-matematyczna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 18-24. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-003>

✉ Corresponding author

© I. Grod, N. Balyk, Ya. Vasylenko, S. Martyniuk, V. Oleksiuk, O. Barna, 2022

Результати. Проведено огляд попередніх досліджень у цій галузі. Проаналізовано теоретико-методологічні основи побудови мережеских графів у задачах планування робіт. Обґрунтовано необхідність використання апарату теорії графів для вирішення задач оптимального планування робіт. На основі методичної стратегії розроблено веб-додаток, що дозволяє планувати хід робіт у складних проєктах шляхом побудови відповідного мережевого графа. Надано короткий опис функціональних можливостей та інтерфейсу користувача запропонованого веб-додатку.

Висновки. Особливістю створеного додатка є вирішення задачі планування виконання комплексних робіт, при цьому задіяні мережеві моделі, що спрощує розуміння моделі в цілому та забезпечує оптимізацію розробленого графа на основі математичних методів. Програма відображає результати планування у графічному та текстовому вигляді, що полегшує та робить очевидним вибір рішення, дозволяє стежити за перебігом подій і вносити в модель корективи з метою покращення оптимізації.

Дослідження проведено в рамках Норвезько-українського проєкту «Розвиток математичних компетенцій студентів за допомогою цифрового математичного моделювання» (DeDiMaMo) у партнерстві Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка та Університету Агдера (Норвегія), Київського університету імені Бориса Грінченка.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: методологія управління проєктами; мережевий розклад; планування робіт; мережевий граф; мережева модель; Веб-сервіс.

Results. A review of previous research in this area has been conducted. The results of the pedagogical experiment and theoretical and methodological bases of construction of network graphs in works planning tasks are analyzed. The necessity of using the apparatus of graph theory to solve the problems of optimal work planning is substantiated. Based on the methodological strategy, a web application was developed that allows you to plan the progress of work in complex projects by building an appropriate network schedule. A brief description of the functionality and user interface of the proposed web application is provided.

Conclusions. A feature of the created application is the solution to the problem of planning the implementation of complex works, involving network models, which simplifies the understanding of the model as a whole and provides optimization of the developed graph-based on mathematical methods. The program displays the results of planning in graphical and textual representation, this facilitates and makes the choice of solution obvious, allows you to monitor the progress of events, and makes adjustments to the model to improve optimization.

The study was conducted within the Norwegian-Ukrainian Project CPEA-ST-2019/10067 Development of students' mathematical competencies through Digital Mathematical Modelling (DeDiMaMo) in partnership between the Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University and the University of Agder (Norway), Borys Grinchenko Kyiv University.

KEYWORDS: projects management methodology; network schedule; works planning; network graph; network model; Web service.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. Large-scale projects of modern society, carried out by various departments and specialists, include a large number of different types of work. A *network graph* (or *network model*) is the basic planning document for network planning and management. It is an information-dynamic model of the sequence of work and the relationships between those works that must be fulfilled to complete a single project. From a mathematical point of view, the network model is a finite-oriented graph. The construction of such a graph (structural planning) begins with the breakdown of the project into clearly defined works for which the duration is specified. It is the mathematical approach that can and should replace the mechanical approach to works planning, which is still common, with a scientifically grounded division of the production program between units.

The purpose of the study is to evaluate the possibility of using the apparatus of mathematical modeling in management decisions, improving the theoretical and methodological tools, developing a suitable Web-service, providing practical advice on the possibility of planning the implementation of complex projects, monitoring the process of their implementation and making necessary adjustments.

Analysis of previous research and publications. The network models are exuded among a large number of information models. This is a relatively new way of presenting tasks for those subject areas that need to perform operations in a specific sequence (Batenko et al., 2003; Malsam, 2022; Verma, 2022).

In network models, targeted human activity is divided into a sequence of subtasks, the relationships between which are determined by the structure of the network. Each node in the network is a separate subtask that must be completed. The network structure determines the order of subtasks fulfillment. The use of mathematical graph theory made it possible to make a scientifically sound division of the production program between units (Aptekar et al., 2007; Siedyk & Chobanu, 2018; Kichor et al., 2007; Phillips & Garcia-Diaz, 1981). Any project is a list of works that can be managed to optimize the process, changing their duration, start, and end.

Aptekar et al. (2007), Batenko et al. (2003), Siedyk & Chobanu (2018), Trillenber (2001), Fedorchak (2012) and others devoted their papers to the problems of the management of production processes, projects, and research of network models.

Projects can be repeated or modified, so each production organization sets different goals and positions its activities as work on specific projects (Evans, 2019; Phillips & Garcia-Diaz, 1981). The most well-known methods of network graphs are discussed in Jungnickel (2013).

In works (Balyk et al., 2021; Drushlyak et al., 2020; Proshkin et al., 2021) time sequences of works performed in the course of educational, scientific activity with the use of a projects method is considered.

Using network scheduling, you can optimize any process (Eddows & Stensfield, 1991; Evans, 2019; Zhang et al., 2019). Reducing the timing of some works can be done with a timely account of resource constraints (Phillips & Garcia-Diaz, 1981; Aptekar et al., 2007). The main stages of network planning (including justification of the execution time of each process in the network schedule) are discussed in (Watt, 2014; Tarasiuk, 2004; Taha, 2017). It is from network models that the development of project management methodology began (Eddows & Stensfield, 1991).

Improvement of organizational design methodology (determining the sequence of stages – phases, sections) is the subject of research by many scientists, among them (Mintzberg, 1979; Hatch, 2018).

Modern society, with its powerful growing information and techno-logical saturation, is placing ever greater demands on managers. The scope of the tasks requires the use of a wide range of information technologies and software packages. This applies to both the project management methodology as a whole and its elements, including network planning.

Most authors expose the essence of mathematical modeling through a system of complex mathematical formulas or emphasize the use of information systems and technologies. The use of the latter is only one element of management decision modeling. The conducted research has made it possible to conclude that the modeling of management processes as a complex process from the formulation of a management task to the implementation of the model in practice is still insufficiently studied and is relevant. Some discrete issues of process management (namely time management) need further consideration and research.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASICS

Let us consider network graphs as an object of mathematical graph theory. Suppose that there is some work to be done and that many, many employees – individual employees, groups, teams, or entire businesses – have to take part in this common, "big" job, so that individual tasks will be assigned to different people, groups, teams, and so on. Questions arise:

- How best to distribute employees to do all the "big" work in the shortest possible time?
- How to distribute resources (labor, materials, finances, equipment) so that all the "big" work is the cheapest?
- What to do if, in the course of the work, it turns out that individual employees do not meet the deadline set by the plan?

plan?

- Where to throw reinforcements (tools, equipment, people)?
- How to find out what is currently the most important, where is the most responsible area, on the results of which depends on the success of the whole case (Phillips & Garcia-Diaz, 1981)?

Such issues are considered by many authors (Aptekar et al., 2007; Batenko et al., 2003; Evans, 2019).

The very process of ordering the network graph leads to the need to take into account all the links of "big" work. The main characteristic of each work – its expected duration of execution – in graph theory is called arc length. The presence of this numerical estimate makes it possible to perform a mathematical analysis of the network graph.

As a result of such analysis, it is possible to determine, first of all, its parameters:

- the earliest possible start time for each job or the occurrence of each event;
- the latest permissible time of completion of each job or the occurrence of each event, which will not cause a delay in the deadline for completing all the "big" work;
- time reserves for each job (and the time of occurrence of each event) – how many units of time can be delayed for the execution of this work without delaying the termination of "big" work (this is the so-called full-time reserve), or even without to change the timing of other jobs of the graph (this is the so-called free time reserve);

• a so-called critical path can be found – the longest path leading from the initial event of the schedule to its final event. It has the important property that delays in the execution of any work and the occurrence of any event lying on this path inevitably causes a delay of the same term in the occurrence of the final event, that is, in the termination of the entire "big" work, unless the management of the work does not take timely measures – the transfer of resources from the works, which have time reserves, to the work that lies on the critical path;

- the most important at any given moment of work can be found – these are the works in which time reserves are minimal. They are either already on a critical path, or maybe coming to it shortly.

If necessary, the network model can be calculated by sector method. Then the calculations are performed directly on the graph and for this purpose, each event is divided into 4 sectors, which list all the necessary data for the calculation of the work.

The calculation of the network model begins with the timing of events that fit directly into the vertices of the network graph (see Fig. 1).

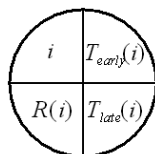


Fig. 1. Displaying temporary parameters of the events on a network graph

$T_{early}(i)$ – early term of event start, minimum required to complete all work preceding the event;

$T_{late}(i)$ – late term of event start, exceeding which will cause a similar delay for the start of the finishing event on network graph;

$R(i) = T_{early}(i) - T_{late}(i)$ – an event reserve, that is, a time that can delay the start of an event without violating the deadline for the project as a whole.

Early terms of the events fulfilment $T_{early}(i)$ are calculated from the original (S) to the final (F) event as follows:

- for original event S $T_{early}(S) = 0$;

- for all other events i: $T_{early}(i) = \max_{\forall(k,i)} [T_{early}(k) + t(k,i)]$, where the maximum is taken for all the works (k, i) that are part of the event i and $t(k,i)$ – the duration of work (k, i) (see Fig. 2).

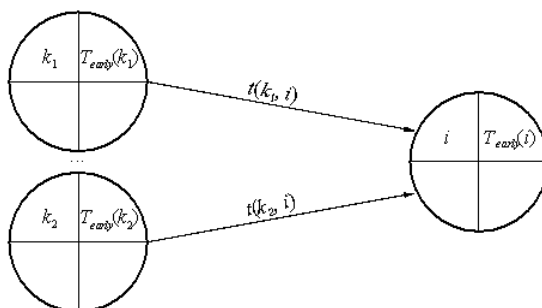


Fig. 2. Calculation of early terms of the event fulfilment i

Late terms of event occurrence $T_{late}(i)$ are calculated from the final event to the initial event:

- for final event F : $T_{late}(F) = T_{early}(F)$;
- for all other events i : $T_{late}(i) = \min_{j(i,j)} [T_{late}(j) + t(i,j)]$, where the minimum is taken for all the works (i,j) coming out of the event i and $t(i,j)$ – the duration of work (i,j) (see Fig. 3).

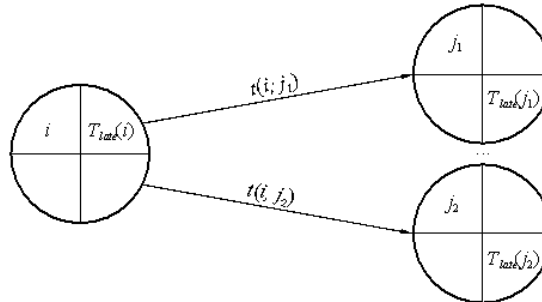


Fig. 3. Calculation of late terms of the event fulfilment i

The temporal parameters of the work are determined on the basis of early and late terms of the events:

- $T_{early-start}(i,j) = T_{early}(i)$ – early term of the work start;
- $T_{early-finish}(i,j) = T_{early}(i) + t(i,j)$ – early term of the work finish;
- $T_{late-finish}(i,j) = T_{late}(i)$ – late term of the work finish;
- $T_{late-start}(i,j) = T_{late}(i) - t(i,j)$ – late term of the work start;
- $R_{full}(i,j) = T_{late}(j) - T_{early}(i) - t(i,j)$ – the full work reserve shows the maximum time that can be increased work fulfilment (i,j) or delayed its start in order not to change the project completion time as a whole;
- $R_{free}(i,j) = T_{early}(j) - T_{early}(i) - t(i,j)$ – free work reserve shows the maximum amount of time that can be extended the term of work fulfilment or delayed its start without changing the early start time of subsequent work.

STUDY RESULTS

Let us consider the problem of constructing a network model, which includes the works $A, B, C, \dots, G$ and reflects the following ordering of works: A, B, C – the original works of the project; A precedes D ; B precedes E ; C precedes F ; D, E preceded G . The duration of its execution is specified for each work: $A = 1$; $B = 4$; $C = 3$; $D = 2$; $E = 6$; $F = 6$; $G = 4$.

We can calculate the network model of this problem by the *sector method* (see Fig. 4).

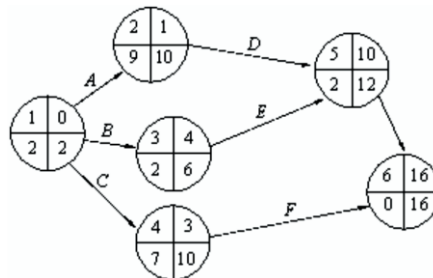


Fig. 4. Sectoral method of network model calculation

Based on the above material, we created a program in the form of a Web application, which has both advantages and disadvantages:

advantages:

- no need to install and update the application;
- access via internet;
- the data is stored remotely;
- no need for powerful computers and disk space;
- cross-platforms (possibility to work on different systems of Windows, Linux, etc.);

disadvantages:

- needs internet access;
- the server may be attacked, which can lead to leakage of private information;
- users have more experience with Desktop applications;
- The basic idea of the web application is to enable users to plan the implementation of complex projects, follow the process of executing long-lived projects, to make adjustments to their projects.

A brief description of the Web service. The project data entry process is broken down into several steps:

- input of individual project works (see Fig. 5);

Fig. 5. The form for input of the works of the project

- definition of the initial works of the project;
- description of the parameters of each work (the order of execution, the resources expended, the duration of execution) (see Fig. 6);

Fig. 6. List of project works (the original project works are indicated in red, the dummy ones are green).
Enter time parameters for a specific job

- description of project parameters (days off (days that will not be included in the project scheduling), project start date) (see Fig. 7).

Fig. 7. Enter project parameters (start date, weekends)

At each step, all data is subject to mandatory validation (check the uniqueness of the name of each job, check for the original works of the project). At the step of introducing interdependencies between works, a network graph is constructed. The network graph constructing method reflects the dependencies of all jobs and greatly simplifies the input of dependencies between works. Building a network schedule involves: adding and deleting events, and adding and deleting jobs (see Fig. 8).

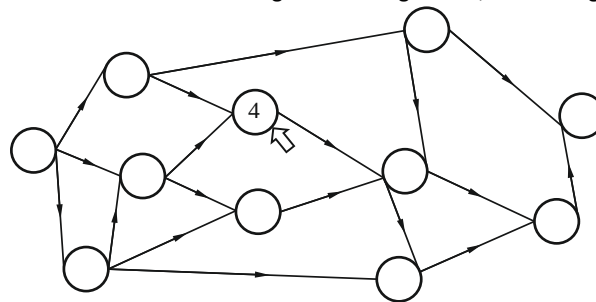


Fig. 8. Network graph modeled by program

If you move the mouse over an event (a circle), its number appears. When building a network graph, the data is also validated. The procedure for validation of the network schedule provides creation of dummy works, the impossibility of the formation of cycles, use of all works of the project.

After the project data entry procedure, the program allows you to view the results: total project duration, approximate date of completion, including days off, duration of each work separately, early and late start and end terms of each work, resources spent on each work (see Fig. 9).

To analyze time parameters of the network model, the program builds a timeline of the project that shows the percentage of tasks completed (see Fig. 10).

You can optionally view an event calendar that displays the availability of work at a specific time.

Project duration, days: 8

The critical path: Network setup → Software install → Users learning

Project finish date: 15-04-2020

Work	Duration	Start	Finish	Early start	Late start	Early finish	Late finish	Full reserve	Free reserve
Computes install	1	05-04-2020	06-04-2020	05-04-2020	05-04-2020	06-04-2020	06-04-2020	0	0
Software install	1	11-04-2020	12-04-2020	11-04-2020	11-04-2020	12-04-2020	12-04-2020	0	0
Users learning	3	12-04-2020	15-04-2020	12-04-2020	12-04-2020	15-04-2020	15-04-2020	0	0
Network setup	3	06-04-2020	11-04-2020	06-04-2020	06-04-2020	11-04-2020	11-04-2020	0	0
Network installation	2	05-04-2020	07-04-2020	05-04-2020	05-04-2020	07-04-2020	05-04-2020	-2	0
Development of software usage rules	4	05-04-2020	11-04-2020	05-04-2020	06-04-2020	11-04-2020	12-04-2020	1	1

Fig. 9. The results of the program

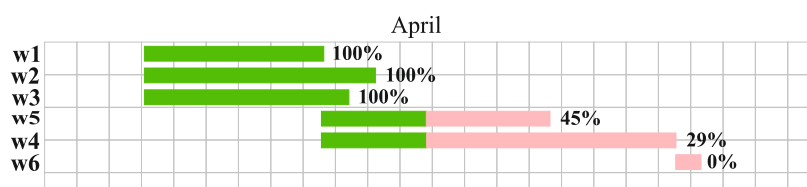


Fig. 10. Timeline of the project

After logging in to the system, each user receives additional features:

- save the projects, with the possibility of their further editing, to view the list of their projects;
- keep track of project work using an event calendar and timeline of the project;
- add to project managers (ability to manage a project by several persons at a time).

Web applications created using such tools and technologies as PHP, Perl, and MySQL. For debugging and testing, we used the XAMPP Web server, which has most of the required programs and utility tools.

CONCLUSIONS

The use of a network planning system helps to develop the optimal variant, which is the basis for the operational management of a complex of works during the implementation of a particular project. The main planning document in this system is a network graph that represents an information-dynamic model that reflects all the logical relationships and results of the work required to achieve the ultimate strategic planning goal.

Features of the program:

- submit the total number of works;
- determine input works;
- describe the parameters of each work (the order of execution, the resources consumed, their number, and cost);
- build a network schedule as a graph that allows you to see the relationship of all the links;
- describe project parameters (project start date, weekends, days not included in the scheduling);
- additional functionality: registering of the users, users' management, and monitoring for the process of own project.

The main feature of the program is the solution of the problem of planning the implementation of complex works, which in turn provides network models and network graphs, which simplify the understanding of the whole model, provide optimization of the developed schedule based on mathematical methods. The program outputs scheduling results in a graphical and textual presentation that makes it easy or obvious to decide for the manager while saving the project allows you to watch the events and make adjustments to the model to improve optimization.

When analyzing network graphs, it is considered that the duration of each job does not depend on the moment of its beginning, which is not always true in reality. It should be noted that further extension of the problem by introducing additional dependencies seems appropriate and creates the basis for further research.

REFERENCES

1. Aptekar, S., Baron, Y., Spirna, D., & Teroshyna, A. (2007). Methods of construction of grid charts. *Bulletin of Donetsk National University of Economics and Trade* 4(36), 52–56. (in Ukrainian).
2. Balyk, N., Grod, I., Vasylenko, Ya., Oleksiuk, V., & Rogovchenko, Yu. (2021). Project-based Learning in a Computer Modelling Course. *Journal of Physics: Conference Series*, XII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2020). 1840(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012032>.
3. Batenko, L., Zahorodnikh O., & Lishchynska, V. (2003). *Project management: Tutorial*. Kyiv National Economics University. (in Ukrainian).
4. Drushlyak, M., Semenikhina, O., Proshkin, V., Kharchenko, S., & Lukashova, T. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra), in S. Semerikov, & M. Shyshkina (Eds.), *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)* (pp. 458–472). CEUR Workshop Proceedings. <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper26.pdf>
5. Eddows, M., & Stensfield, R. (1991). *Decision making techniques*. Longman.
6. Fedorchak, O. (2012). Classification of methods for calculating the parameters net models. *Project Management and Production Development*, 1(41), 33–43. <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/41/12fovpsm.pdf> (in Ukrainian).
7. Kichor, V., Feshchur, V., Kozyk, V., Vorobets S., & Seliuchenko, N. (2007). *Economic-statistical modelling and forecasting: Tutorial*. Lviv Polytechnic National University. (in Ukrainian).
8. Evans, J. (2019). *Optimization Algorithms for Networks and Graphs*. CRC Press.

9. Malsam, W. (2022, 7 February). How to Make a Project Network Diagram (Free Tools & Examples Included). Project Manager. <https://www.projectmanager.com/blog/network-diagrams-free-tools>
10. Jungnickel, D. (2013). *Graphs, Networks and Algorithms*, 4th ed. Springer.
11. Phillips, D., & Garcia-Diaz, A. (1981). *Fundamentals of Network Analysis*. Prentice Hall.
12. Proshkin, V., Khoruzha, L., & Semenikhina, O. (2021). Theory and practice of professional training of future teachers of mathematics and informatics by means of digital technologies. Theoretical and practical aspects of using mathematical methods and information technologies in education and science: monograph (pp. 48–74). Borys Grinchenko Kyiv University. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/37595> (in Ukrainian).
13. Watt, A. (2014). *Project Management*. BCCampus Victoria.
14. Tarasiuk, G. (2004). *Project Management*. Caravela.
15. Taha, H. (2017). *Operations Research. An Introduction. Tenth Edition*. Pearson Education Limited.
16. Trillenbergh, W. (2001). *Project management. Synopsis of lectures and seminars*. Economic thought. (in Ukrainian).
17. Siedykh, O., & Chobanu, V. (2018). Optimization of the network graphics of the complex of works. *Modern engineering and innovative technologies*, 1(3), 61-67. <https://www.sworld.com.ua/meait/issue03-01-2018.pdf> (in Ukrainian).
18. Verma, E. (2022, 22 March). *Network Diagram: An Important Tool for Effective Time Management*. Simpilearn. <https://www.simplilearn.com/network-diagram-as-an-effective-time-management-tool-rar224-article>
19. Zhang, Y., He, F., Sato, T., & Oki, E. (2019). Optimization of Network Service Scheduling with Resource Sharing and Preemption. *2019 IEEE 20th International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)* (pp. 1-6). <https://doi.org/doi:10.1109/HPSR.2019.8808118>
20. Mintzberg, H. (1979). *The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research*. Prentice-Hall, McGill University.
21. Hatch, M. (2018). *Organization Theory: Modern, Symbolic, and Postmodern Perspectives*. 4th ed. Oxford University Press.



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видастся з 2013.



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

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-034-2-004

УДК 378.147.227:165.24:167.3:003.63

МИСЛЕННЕВА ТАКТИКА ЗАСВОЮВАННЯ ТЕРМІНІВ ФАХОВОЇ МОВИ

Таяна ДЕОРДИЦА ✉

Благотворительный фонд «e-Terra», Украина
tdeorditsa@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Марина ВОРОНИНА

Київський національний університет культури і мистецтв,
Київ, Україна
M_Voronina@i.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

Ольга ЄПІФАНОВА

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля, Сєвєродонецьк, Україна
Yepifanova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2518-3002>

Володимир ТОЛМАЧОВ

Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка, Глухів, Україна
V.S.Tolmachov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4674-8677>

THINKING TACTIC OF PROFESSIONAL LANGUAGE TERMINOLOGY ACQUISITION

Taiana DIEORDITSA ✉

Charitable foundation "e-Terra", Ukraine
tdeorditsa@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Maryna VORONINA

Kyiv National University of Culture and Arts,
Kyiv, Ukraine
M_Voronina@i.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

Olga YEPIFANOVA

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk,
Ukraine
Yepifanova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2518-3002>

Volodimir TOLMACHOV

Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University,
Hlukhiv, Ukraine
V.S.Tolmachov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4674-8677>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. За нашими спостереженнями, чимало студентів, опрацюючи наукові дефініції термінів, стикаються з труднощами у їх розумінні. Зважаючи на неможливість навчити розумінню, ми задалися питанням: які мисленнєві тактики забезпечують свідоме засвоєння термінів?

Матеріали і методи. Основу пропонованої розробки становлять результати логічного аналізу мови як знакової системи. Ідея виконання над поняттям аналітичних і синтетичних логічних операцій, заснованих на обох типах ієрархічних відношень між поняттями — «рід — вид» і «ціле — частина», постає із загального морфологічного аналізу F. Zwicky.

Результати. З'ясовано, що термін як мовний знак має три прикмети: предметне значення, смисл і смисловий зміст. Смисл терміна фіксує дефініція, а смисловий зміст йому приписує характеристика — пізнавальний прийом, схожий із дефініцією. Смисловий зміст, на відміну від смислу терміна, є сукупністю неструктурованої інформації. Розглядувана мисленнєва тактика спрямована на розвиток у суб'єкта учіння здатності розуміти смисл певного терміна через надання його смислового змісту структурної організації. Структурувати смисловий зміст терміна пропонується шляхом розв'язання двох завдань. Виведення термінів, що є опорними словами шуканої структури, — суть першого завдання. Відтворення структури смислового змісту засвоєного терміна — суть другого завдання. Розглядувана мисленнєва тактика є втіленням педагогічного прийому, описаного у логічній теорії поняття: пізнавальні прийоми, схожі з визначенням, мають йому передувати, адже їх застосування часто полегшує розуміння і засвоєння дефініції терміна

Висновки. Пропонована мисленнєва тактика засвоєння терміна буде дієвою, якщо суб'єкт учіння: 1) вміє встановлювати і визначати ієрархічні зв'язки між поняттями; 2) знає сутність, структуру і правила виконання над поняттями логічних операцій узагальнення поняття, таксономічного і мереологічного поділів; мереологічної інтеграції; 3) володіє нормативними процедурами, що є складниками цих операцій; 4) володіє засобами контролю правильності і виконуваних операцій, і виведених термінів.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The basis of the proposed development is the results of the logical analysis of language as a sign system as well as the results of analysis operations with concepts as a system of thinking procedures. According to our observations, there are many students who face difficulties in understanding the research definitions. As it is impossible to teach understanding, we wondered about what thinking tactics provide conscious learning of terms?

Materials and methods. The basis of the proposed development is the result of the logical analysis of language as a sign system. The idea of performing over the notion of analytical and synthetic logical operations based on both types of hierarchical relations between notions — "genus/species" and "whole/part", arises from the general morphological analysis of F. Zwicky

Results. It has been found that the term as a linguistic sign has three main attributes: meaning of the object, sense, and semantic content. The sense of the term is fixed by the definition, and the semantic content is attributed to it by the characteristic — cognitive technique like the definition. Semantic content, in contrast to the sense of the term, is a set of unstructured information. The thinking tactics in question are aimed at developing the subject's ability to learn to understand the sense of a term by giving a structural organization to its semantic content. It is proposed to structure the semantic content of the term by solving two specific tasks. Inference of terms — keywords of the structure sought — is the essence of the first task. Reproduction of the structure of the semantic content of the learned term constitutes the second task. The mental tactics are the embodiment of the pedagogical technique described in the logical theory of the concept: cognitive techniques that are like the definition must precede it because their application often facilitates the understanding and assimilation of the definition of the term.

Conclusion. The proposed mental tactics of learning the term will be effective if the subject of learning: 1) is able to establish and define hierarchical connections between concepts; 2) knows the nature, structure, and rules of execution of the concept of logical operations: generalization, taxonomic and mereological divisions, mereological integration; 3) has regulatory procedures that are the components of these operations; 4) has the means to control the correctness, compliance operations, and derived terms.

Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., Толмачов В. Мисленнєва тактика засвоєння термінів фахової мови. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 25-32. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-004

Для цитування:

Деордіца Т., Вороніна М., Єпіфанова О., & Толмачов В. (2022). Мисленнєва тактика засвоєння термінів фахової мови. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 25-32. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-004>

For citation:

Dieorditsa, T., Voronina, M., Yepifanova, O., & Tolmachov, V. (2022). Thinking tactic of professional language terminology acquisition. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 25-32. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-004>

Dieorditsa, T., Voronina, M., Yepifanova, O., & Tolmachov, V. (2022). Myslennnєva taktika zasvoєnnja terminiv fakhovoi movy [Thinking tactic of professional language terminology acquisition]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 25-32. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-004>

✉ Corresponding author

© T. Dieorditsa, M. Voronina, O. Yepifanova, V. Tolmachov, 2022

КЛЮЧОВІ СЛОВА: розуміння; смисл терміна; смисловий зміст терміна; структурування; поняття; оперування поняттями.

KEYWORDS: understanding; sense of a term; semantic content of a term; structuring; a notion; operating with a notion.

ВСТУП

Постановка проблеми. У процесі формування професійно орієнтовного мовлення майбутніх спеціалістів центральне місце має відводитися організації навчальної діяльності, спрямованої на опанування термінів фахової мови. Адже правильне, точне і вільне вживання термінів у мовленнєвій діяльності є запорукою продуктивної професійної комунікації. За нашими спостереженнями, чимало студентів, опрацьовуючи наукові дефініції термінів, стикаються з труднощами у їх розумінні. Зважаючи на неможливість навчити розумінню, ми задалися питанням: які мисленнєві тактики забезпечують свідоме засвоєння термінів?

Аналіз актуальних досліджень. У науковій літературі розуміння розглядають як процес, як результат, як здатність та як засіб засвоєння знань. Дидактичну проблематику феномена розуміння досліджено Г. Богиним. Для нашої розвідки керівним стало його твердження про те, що розумінню не можна навчити: коли це пробують робити, виходить наuczіння «готовому розумінню», тому необхідно формувати готовність до розуміння, а це потребує наuczіння рефлексії. Розуміння — одна з іпостасей рефлексії, і готовність розуміти досягається через навчання рефлексії, навченість рефлексії, володіння рефлексивними техніками розуміння (Богин, 2001). Розгорнутий огляд дослідницької літератури з питань рефлексивного мислення здійснила група австралійських дослідників на чолі з J. Bain (2002).

У лінгвістиці вияв смислу, значення мовної одиниці у навчанні позначається терміном «семантизація». З'ясуванню особливостей семантизації термінів у навчальних текстах технічного спрямування присвячене дисертаційне дослідження В. Зотової. Дослідниця виявила такі шляхи (типи) семантизації у зазначених текстах: вербальний, вербально-наочний і наочний. Провідним способом вербального типу семантизації термінів є дефініювання. Усі три типи семантизації демонструють класифікаційне пред'явлення термінів (Зотова, 1998). Практичні аспекти проблеми термінографічної семантизації в освіті ґрунтовно розкрила А. Ахметбекова (Akhmetbekova, 2014).

Проблеми дефініювання є предметом аналізу принаймні двох галузей знань — лексикографії та логіки.

Фундаментальний підручник з логіки авторства Є. Войшвілла та М. Дегтярьова став особливо цінним джерелом інформації для нашого дослідження. Ключова ідея викладеної у ньому концепції поняття є такою: поняття слід розглядати не тільки традиційно — як форму мислення, але й як форму пізнання, як спосіб інтелектуальної діяльності. Виходячи з такої інтерпретації поняття, дослідники інакше, порівняно із загальноприйнятим формулюванням, тлумачать і його визначення (дефініцію): визначення є логічним способом встановлення або уточнення зв'язку мовного вислову з тим, що воно позначає як знак мови. Прийоми, схожі з визначенням (опис, характеристику, порівняння тощо), Є. Войшвілло і М. Дегтярьов розглядають як самостійні засоби пізнання (Войшвілло & Дегтярьов, 2001).

Метою статті є опис та обґрунтування мисленнєвої тактики засвоєння терміна, усвідомлене виконання концептуальної дії якої дає змогу суб'єкту учіння набути готовності до розуміння смислу терміна, що вивчається.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На рис. 1 (ISO 704:2009) відображено систему зв'язків між об'єктом, поняттям, дефініцією і терміном. Розкриємо лексичні значення цих слів.



Рис. 1. Система відношень «об'єкт — поняття — дефініція — термін»

Усе те, що має самостійне буття у просторі й часі, прийнято називати речами. Властивість — це характеристика, що може бути приписана окремій речі. Відношення — це зв'язок між двома або більшою кількістю речей. Крім речей, властивості та зв'язки притаманні тому, що належить до сфери психіки, розуму, моральності, до теорій, ідей тощо. Все те, що може мати властивості та вступати у відношення, але само може не бути ні властивістю, ні відношенням, називають предметом. *Об'єкт* — це предмет, властивість, відношення та множина. Множина — це мислимі разом об'єкти. *Ознака* — це прикмета об'єкта, що вказує на наявність або відсутність у нього властивості чи відношення. Ознаки бувають прості й складні. Прості ознаки свідчать про наявність або відсутність однієї властивості чи одного відношення. Складні ознаки є поєднанням простих ознак за допомогою сполучників «і», «або» та інших схожих на них слів. Ознаку називають відмінною для певної множини, якщо вона притаманна тільки об'єктам певної множини і не властива ніяким іншим об'єктам. *Поняття* — це думка, що узагальнює об'єкти певної множини і виокремлює цю множину за відмінною для неї ознакою. Множину об'єктів, що їх відокремлюють і узагальнюють у понятті, називають *обсягом* поняття. Ознаку, за допомогою якої

відокремлюють та узагальнюють предмети певної множини, називають *змістом* поняття. Як правило, ця ознака є складною. Обсяг і зміст є логічними характеристиками поняття. Поняття утворюють у результаті дій аналізу, абстрагування, порівняння, синтезу і пізнавального узагальнення. За типом елементів обсягу поняття поділяють на конкретні та абстрактні. Конкретним називають поняття, елементами обсягу якого є предмети. Абстрактними називають поняття, елементами обсягу яких є властивості або відношення (Брюшинкин, 2001).

Для того, щоб чітко мислити і передавати поняття іншим людям, необхідно знати, як поняття пов'язані з мовою.

Мова — це система знаків, що слугує для збереження, оброблення і передавання інформації. Знак — це матеріальний об'єкт, використовуваний у процесі пізнання або спілкування як представник будь-якого об'єкта. Як правило, знаки мають предметне і смислове значення. Предметним значенням знака є той об'єкт, що його представляє знак. Смислове значення, або *смысл*, — це інформація про об'єкт, представником якого є знак. Загальне співвідношення думки і мови є таким: думка є *смыслом* знака (Горбатов, 2008).

Термін — це мовний знак (слово, словосполучення, поєднання слова або словосполучення з особливими символами тощо), який відповідає нормі його вживання у професійному чи іншому співтоваристві й виражає спеціальне поняття будь-якої галузі знання і тому має *дефініцію* (тлумачення, пояснення) (Шелов, 2018). *Дефініція* терміна — це логічний спосіб надання мовним висловом строго фіксованого *смысла* (Горбатов, 2008).

Є. Войшвілло і М. Дегтярьов, на відміну від інших дослідників, приписують мовним знакам не дві, а три основні прикмети: предметне значення, *смысл* і *смысловий зміст*. *Смысл* терміна як мовного знака фіксує *дефініцію*, а *смысловий зміст* йому приписує характеристика — пізнавальний прийом, схожий із *дефініцією*. *Смысловий зміст* мовного знака — це широка сукупність знань про предмет. На відміну від *смыслів*, які є певними формами думки, загальними для всіх людей, *смысловий зміст* не має логічної структури і є суто індивідуальним для кожної людини. Однак він виконує роль, певною мірою подібну до тієї, яку відіграє *смысл*. *Смысловий зміст* може включати і *смысл*. Отже, *смысл* є видом *смыслового змісту*. Відправною точкою нашої розробки став педагогічний прийом, описаний цими дослідниками: пізнавальні прийоми, схожі з визначенням, мають йому передувати, адже їх застосування часто полегшує розуміння і засвоєння *дефініції* терміна (Войшвілло & Дегтярьов, 2001).

Ознака *смыслового змісту* терміна — «бути неструктурованою сукупністю інформації» навела нас на думку структурувати цей зміст, щоб у такий спосіб наблизитися до розуміння *смыслу* засвоюваного терміна. На те, як саме це здійснювати, нас наштовхнули два приклади оперування поняттям, представлені у публікації В. Тітова. У ній він висвітлює особливості методів загального морфологічного аналізу Ф. Цвіккі (F. Zwicky). За Ф. Цвіккі, метою морфологічного дослідження є огляд панорами повного «поля знань» стосовно досліджуваного предмета. Воно може бути полем матеріальних об'єктів, полем явищ або полем зв'язків, концепцій, ідей чи теорій (Ritchey, 2013). Пояснюючи цей вираз прикладами, В. Тітов серед іншого розгорнув панорами повних «полів зв'язків» для двох конкретних понять — цвяха і комори. Для цього він виконав над ними чотири логічні операції: узагальнення, поділ, розчленування і приєднання. Поняття, виведені в результаті здійснювання цих операцій, він відобразив у «чотиризвенниках» — структурних схемах, що складаються з чотирьох ланок (Тітов, 2003).

Специфіку зазначених логічних операцій розкриває побудована нами морфологічна таблиця (рис. 2). Зауважимо, що для операцій, які В. Тітов називає розчленуванням і приєднанням, ми обрали альтернативні назви — *мереологічний поділ* і *мереологічна інтеграція*. Ці терміни є усталеними у мереології — розділі логіки, який досліджує висловлювання, що виражають відношення частин і цілого (Юркевич, 2021).

Зв'язки Прийоми мислення	РІД – ВИД	ЦІЛЕ – ЧАСТИНА
АНАЛІЗ	Таксономічний поділ поняття	Мереологічний поділ предмета, мислимого у понятті
СИНТЕЗ	Узагальнення поняття	Мереологічна інтеграція предмета, мислимого у понятті

Рис. 2. Специфіка логічних операцій, застосовуваних у тактиці засвоєння терміна

Операцію з поняттям розуміють як систему розумових процедур, виконуваних суб'єктом з окремими логічними характеристиками поняття (змістом, обсягом, відношенням) або з цією формою думки як цілим (Сироткина-Примак, 2011). Наприклад, у разі застосування таксономічного поділу суб'єкт виконує дію з обсягом поняття, у разі виконання узагальнення — зі змістом поняття. Мереологічний поділ і мереологічна інтеграція — це спеціальні дії, які суб'єкт виконує подумки з предметом, мислимим у понятті, розкладаючи його на частини або приєднуючи його як складник до більшого цілого, тобто надсистеми. З позиції універсальних прийомів мислення — аналізу і синтезу, таксономічний і мереологічний поділи є операціями аналітичного стибу, натомість узагальнення поняття і мереологічна інтеграція — це операції синтетичні. Розглянемо ці операції детальніше.

Таксономічний і мереологічний поділи

Поділ поняття — це логічна операція переходу від певного поняття до сукупності підлеглих йому з погляду якоїсь характеристики, котру називають підставою поділу. Поділи бувають двох типів: таксономічні та мереологічні. *Таксономічний поділ* — це виокремлення в обсязі поняття підкласів, які виступають обсягами нових (видових стосовно вихідного) понять з позицій певної ознаки, що зветься підставою поділу. *Мереологічний поділ* — це членування значення поняття про предмет за типом «ціле — частина» в аспекті будь-якої характеристики частин (Івлев, 1996).

Здійснення операції поділу передбачає три складники: 1) поділюване поняття; 2) члени поділу; 3) підстава поділу. Поділюваним називають поняття, логічний обсяг якого потрібно розкрити, або предметне значення якого слід

розкласти на частини. Поняття, що їх отримують у результаті поділу, називають членами поділу. Підставою поділу називають ознаку, за якою вирізняють члени поділу. Так, ознакою, за якою вирізняють таксономічний і мереологічний поділи, є «вид ієрархічних відношень, що проявляє вихідне поняття», діапазон її видозмінювання — «рід — вид» і «ціле — частина». Вибір належної підстави поділу залежить від того пізнавального завдання, у зв'язку з яким виникає потреба у поділі поняття. Л. Сироткіна-Примак встановила такі основні властивості ознаки, що має слугувати підставою поділу:

- ознака має певний діапазон проявів (два або більше) на множині предметів, що їх узагальнено у понятті;
- ознака є узагальненням часткових ознак відмінностей елементів обсягу поняття (Сироткіна-Примак, 2011).

Інтелект-карта на рис. 3 представляє структурований смисловий зміст терміна «поділ поняття».



Рис. 3. Структурований смисловий зміст терміна «поділ поняття»

Узагальнення поняття

Узагальнення поняття — це логічна операція, в результаті якої з одного поняття шляхом виконання над його змістом спеціальних процедур утворюють інше, споріднене з оригіналом. Нове поняття характеризується вужчим змістом, проте ширшим обсягом порівняно з вихідним поняттям. Оскільки узагальнення поняття ґрунтується на зв'язку «рід — вид», то цю операцію тлумачать як перехід від видового поняття А до родового В, в якому обсяг поняття А виявляється частиною обсягу поняття В.

Мереологічна інтеграція

Мереологічна інтеграція — це логічна операція, в результаті якої з одного поняття шляхом мисленого переходу від частини до цілого утворюють інше поняття, споріднене з оригіналом. Такий перехід можна здійснювати у різні способи, залежно від цілей розв'язуваного завдання.

Засобом унаочнення структури смислового змісту засвоюваного терміна ми обрали інтелект-карту (Mind Map). Наш вибір зумовили ергономічні властивості інтелект-карт і наявність у вільному доступі широкого спектру програмних застосунків для їх побудови.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основу запропонованої розробки становлять результати логічного аналізу мови як знакової системи (Войшвилло & Дегтярєв, 2001), результати аналізу операцій із поняттями як системи процедур мислення (Сироткіна-Примак, 2011). Ідея виконання з поняттям логічних операцій, заснованих на логічних і мереологічних відношеннях між поняттями, постає із загального морфологічного аналізу F. Zwicky.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно з Cambridge Dictionary, тактика — це дія, яку планують застосувати для досягнення певної мети. Розглядувана мисленнєва тактика спрямована на розвиток у суб'єкта учіння здатності розуміти смисл певного терміна через надання його смислового змісту структурної організації. Структурувати смисловий зміст терміна пропонується шляхом розв'язання двох конкретних завдань. Виведення термінів — опорних слів шуканої структури — суть першого завдання. Відтворення структури смислового змісту засвоюваного терміна — суть другого завдання. Якщо вихідне поняття, позначуване засвоюваним терміном, виражає два види ієрархічних відношень: «рід — вид» і «ціле — частина», то перше завдання здійснене. Його розв'язком є терміни, співвіднесені з поняттями, виведеними у результаті виконання над вихідним поняттям чотирьох логічних операцій: узагальнення, таксономічного і мереологічного поділів, мереологічної інтеграції. Розв'язком другого завдання є інтелект-карта, що відображає зв'язки засвоюваного терміна з виведеними. Цей розв'язок бажано доповнити поняттями, що конкретизують виведене родові поняття і встановлену надсистему. Розв'язком другого завдання є інтелект-карта, що відображає зв'язки засвоюваного терміна з виведеними. Суттєвим доповненням до виведених термінів є стисла відповідь на запитання: якою є основна функція предмета, мислимого у понятті? Інтелект-карта на рис. 4 відображає формалізований опис запропонованої тактики.

За класифікацією Л. Сироткіної-Примак, суб'єкт учіння має здійснити узагальнення описового поняття до неописового. Це означає, що суб'єкту учіння слід проаналізувати словникове визначення засвоюваного терміна, щоб виокремити з нього родову ознаку. Л. Сироткіна-Примак розробила два варіанти структури цієї операції. Вибір підходящого варіанту залежить від способу, яким у складній ознаці поєднано прості ознаки (Сироткіна-Примак, 2011). Перехід від видового поняття до родового має здійснюватися згідно з правилом безперервності узагальнення. Воно означає виведення найближчого родового поняття до розглядуваного видового. Недотримання цього правила

призводить до помилки «стрибок узагальнення». Це порушення послідовності узагальнення, коли пропускається проміжний рід. Наприклад: ромб — це чотирикутник (пропущеним є проміжний рід «паралелограм»). Своєрідною перевіркою правильності виведення родового поняття є наведення прикладів видових понять, що входять до його обсягу.



Рис. 4. Формалізований опис запропонованої тактики засвоєння терміна

Суть таксономічного поділу конкретизує питання: *на які види, відповідно до обраної підстави, можна розділити множини предметів, що їх мислять в обсязі родового поняття?* Суть мереологічного поділу конкретизує питання: *з яких частин складається мислимий у понятті об'єкт?* Якщо мереологічний поділ застосовують до конкретного поняття, то з'ясовують, з яких елементів, фрагментів, членів, шматків, компонентів тощо його утворено. Якщо мереологічному поділу піддають абстрактне поняття, то з'ясовують його аспекти, сторони, риси, етапи тощо. Узагальнений опис правил виконання обох типів поділу здійснив Ю. Івлєв (1996). Цих правил чотири: 1) поділ має бути співмірним; 2) поділ має відбуватися на одній підставі; 3) члени поділу мають виключати один одного; 4) поділ має бути послідовним. Порушення цих правил призводить до низки помилок, детально описаних у згаданому підручнику.

Мереологічну інтеграцію предметного значення поняття теж слід здійснювати послідовно: має бути встановлена найближча надсистема, тобто системи вищого рівня, до якої належить розглядуваний предмет. Недотримання цього правила зумовлює помилку «стрибок мереологічної інтеграції». Це порушення послідовності встановлення надсистеми, коли пропускається проміжний рівень.

Допоміжним засобом для виконання мереологічної операції є питання: *якою є основна функція об'єкта, що мислиться у понятті, як складника встановленої надсистеми?* Значущість цього питання зумовлена тим, що основна функція будь-якої системи як складника надсистеми відповідає меті її створення та існування. А цю мету системі нижчого рівня задає її надсистема (Титов, 2003).

Смисловий зміст засвоєного терміна, що його структурують шляхом виконання з вихідним поняттям зазначених логічних операцій, є ґрунтовним і містким. Аргументом на користь цієї тези є пізнавальна цінність застосовуваних операцій. Пізнавальний зміст узагальнення поняття полягає в тому, що це рух до загальнішого знання (В. Брюшинкин, 2001). Узагальнення поняття завжди пов'язане з переходом знання (як окремих думок, так і цілих теорій) на вищий рівень абстракції (ФЕС, 2002). До операції поділу вдаються в усіх випадках, коли виникає завдання огляду, систематизації певного матеріалу, визначення послідовності запланованих дій (Войшвилло & Детярєв, 2001). Поділ поняття є необхідним елементом найважливішої і широко використовуваної у науці пізнавальної процедури — класифікації. Перехід від цілого до частин прояснює склад предмета, уточнює та конкретизує кількість та якість елементів. Перехід від частини до цілого є формою примноження знань за допомогою уявлюваного введення предмета, мислимого у вихідному понятті, у взаємодію з предметами, принципово іншими порівняно з ним за функціональним призначенням (Титов, 2003).

Проілюструємо застосування запропонованої мисленнєвої тактики на прикладах.

Приклад 1. Структурувати смисловий зміст терміна «математика».

Ми цілком згодні з думкою авторів класичної популярної книги «Що таке математика?» Р. Куранта і Г. Роббінса про те, що і для фахівців, і для любителів не філософія, а саме активні заняття самої математики зможуть дати відповідь на запитання: *що таке математика?* (Courant & Robbins, 1996). Проте у навчальних цілях ми взяли на себе сміливість структурувати смисловий зміст терміна «математика».

Дотепер родовидове визначення математики не вироблено. Будь-які формулювання лише пояснюють зміст цього терміна. Ми обмежимося наведенням одного, що належить Ф. Енгельсу: *математика — наука про кількісні співвідношення і просторові форми дійсного світу.*

Виведемо опорні слова смислового змісту терміна «математика».

1. Результат узагальнення: найближчий рід — «наука». Приклад іншого видового поняття цього роду — фізика.
2. Результат таксономічного поділу: за підставою поділу «характер цілей дослідження» (діапазон її прояву містить два значення — цілі теоретичного характеру; цілі прикладного характеру) в обсязі поняття «математики» виокремлюють теоретичну математику і прикладну математику.

3. Результат мереологічного поділу: за підставою «предмет дослідження» математика як наукова дисципліна, згідно Математичною предметною класифікацією, містить 63 розділи. Перші рядки у цій класифікації посідають «Математична логіка та основи», «Комбінаторика», «Теорія чисел» тощо (MSC2020).

4. Мереологічна інтеграція: математика належить до сукупності формальних наук (об'єкт їхнього дослідження — формальні системи). Приклад науки з цієї сукупності — логіка.

5. Основна функція математики: забезпечення інших наук універсальною мовою.

Інтелект-карта на рис. 5 зображує шукану структуру. Варто зазначити, що це один із можливих варіантів структурування смислового змісту терміна «математика».



Рис. 5. Структура смислового змісту терміна «математика»

Приклад 2. Структурувати смисловий зміст терміна «робототехніка».

Згідно з міжнародним стандартом ISO, робототехніка — це наука і практика проектування, виробництва і застосування роботів (ISO 7373-21).

Виведемо опорні слова смислового змісту терміна «робототехніка».

1. Результат узагальнення: родове поняття «наука». Приклад іншого видового поняття цього роду — електротехніка.

2. Результат таксономічного поділу: за підставою поділу «сфера застосування» (діапазон її прояву містить два значення — промисловість і сервіс) в обсязі поняття «робототехніка» виокремлюють промислову робототехніку і сервісну робототехніку (ISO 7373-21).

3. Результат мереологічного поділу: робототехніка є міждисциплінарною наукою, що виникла на стику трьох дисциплін — електричної інженерії, механічної інженерії і комп'ютерних наук (Birk, 2011).

4. Мереологічна інтеграція: робототехніка є галуззю середнього машинобудування. Приклад іншої галузі з цієї надсистеми — верстатобудування.

5. Основні функції робототехніки: проектування, виробництво і застосування роботів.

Інтелект-карта на рис. 6 відображає шукану структуру. Варто зазначити, що це один із можливих варіантів структурування смислового змісту терміна «робототехніка».



Рис. 6. Структура смислового змісту терміна «робототехніка»

ОБГОВОРЕННЯ

Розглянуту тактику мисленнєвого засвоєння термінів фахової мови було запропоновано у 2021/22 навчальному році 19 магістрантам чотирьох спеціальностей: 022 — Дизайн в Академії сучасного мистецтва (м. Київ); 275.02 — Транспортні технології (на залізничному транспорті), 275.03 — Транспортні технології (на автомобільному транспорті) у Східноукраїнському національному університеті (м. Сєвєродонецьк); 014 — Середня освіта (Трудове навчання та технології) у Глухівському національному педагогічному університеті. Автори статті були керівниками магістерських дисертацій студентів, які взяли участь в оцінюванні придатності запропонованої мисленнєвої тактики.

Магістранти були забезпечені методичними рекомендаціями «Прийом логічного впорядкування смислового змісту терміна», які містили необхідні теоретичні відомості щодо специфіки відношень між поняттями «рід — вид» і «ціле — частина», сутності, структури і правил виконання логічних операцій з поняттям: узагальнення, таксономічного і

мереологічного поділів, мереологічної інтеграції. Для логічних операцій узагальнення поняття і таксономічного поділу був описаний їхній процедурний склад за Л. Сироткіною-Примак (2011). Методичні рекомендації містили десять зразків структурування смислового змісту термінів із галузей знань відповідно до зазначених спеціальностей. Практично всі магістранти виконали запропоноване завдання. Проте після першої спроби структурування смислового змісту вибраних ними термінів створені інтелект-карти рясніли змістовними і логічними помилками. Наведемо найпоширеніші з них.

1. Змішання відношень між поняттями «рід — вид» і «ціле — частина» і, як наслідок, змішання таксономічного і мереологічного поділів.

2. Неправильний вибір найближчого роду у зв'язку з використанням не словникової дефініції, а опису або характеристики, знайдених у випадкових джерелах інформації, переважно у Вікіпедії.

3. «Стрибок» у разі виконання узагальнення поняття.

4. Відсутність вказівки на підставу поділу.

5. Неповний поділ поняття.

6. «Стрибок» у разі виконання мереологічної інтеграції.

Керуючись відомим висловом Ф. Енгельса «майстерність оперувати поняттями не є вродженою і не дається разом із повсякденною свідомістю», ми терпляче пояснювали нашим підлеглим сутність допущених помилок. І вже з другого терміна результати структурування його смислового змісту значно поліпшувалися. Практика довела, що структурування смислових змістів п'яти термінів — це той необхідний мінімум, аби «схопити» сутність пропонованої тактики. За нашими спостереженнями, якщо прийоми логічного мислення виступають об'єктом спеціального формування, то у суб'єктів учіння постає усвідомлене логічне мислення, вони вловлюють операційний склад застосовуваних логічних операцій і виводять їх на мовленнєвий рівень володіння.

Результати аналізу інтелект-карт, виконаних нашими магістрантами, свідчать про досягнення ними когнітивного рівня розуміння засвоєваних термінів. За типологією Г. Богіна, когнітивний рівень розуміння створює умови для оперування не тільки значеннями, але й смислами, оптимізуючи завдяки цьому процес здобуття знань (Богин, 2001). На нашу думку, це є переконливим аргументом на користь доцільності використання пропонованої мисленнєвої тактики в освітньому процесі.

Перспективу подальших досліджень вбачаємо у розробці методичних рекомендацій із формування умінь інтелектуальної рефлексії методом поставлення запитань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Akhmetbekova, A. (2014). The problem of terminographic semantization in education. *Procedia — Social and Behavioural* (pp. 2976-2979), Published by Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.691>.
- Bain, J., Ballantyne R., Mills, C., & Lester, N. (2002). *Reflecting on practice: Student teachers' perspectives*. Post Pressed.
- Birk, A (2011). What Is Robotics? An Interdisciplinary Field Is Getting Even More Diverse. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18(4), 94-95. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6096015>.
- Courant, R., & Robbins, H. (1996). *What is Mathematics? An elementary approach to ideas and methods*. Oxford University Press.
- International Organization for Standardization (2009). *Terminology work — Principles and methods* (ISO 704:2009).
- International Organization for Standardization (2021). *Robotics — Vocabulary* (ISO 8373:2021).
- MSC2020 — *Mathematics Subject Classification* (2020). AMC — American Mathematical Society. <https://mathscinet.ams.org/mathscinet/msc/msc2020.html>.
- Ritchey, T. (2013). *General Morphological Analysis. A general method for non-quantified modelling*. Swedish Morphological Society. <https://www.swemorph.com/pdf/gma.pdf>.
- Богин, Г. (2001). *Обретение способности понимать: Введение в герменевтику*. Психология и бизнес онлайн. <https://www.klex.ru/2s6>.
- Брюшинкин, В. (2001). *Логика*. Гардарики.
- Войшвилло Е., & Дегтярев М. (2001). *Логика*. ВЛАДОС-ПРЕСС.
- Горбатов, В. (2008). *Логика. Учебно-методический комплекс*. Издательский центр ЕАОИ.
- Зотова, В. (1998) *Семантизація терміна у навчальному тексті та словнику (на прикладі термінології робототехніки)* [Автореф. дисс. канд. філол. наук, Дніпропетровський державний університет]. <https://cheloveknauka.com/v/508391/a/?#?page=1>.
- Ивлев, Ю. (1996). *Логика для юристов*. МГУ.
- Сироткина-Примак, Л. (2011). *Логико-когнитивные структуры операций с понятиями* [Дис. канд. филос. наук, БФУ им. И. Канта]. <https://cheloveknauka.com/logiko-kognitivnye-struktury-operatsiy-s-ponyatiyami>.
- Титов, В. (2003). *Системно-морфологический подход в технике, науке, социальной сфере*. Методолог. <https://www.metodolog.ru/00039/00039.html>.
- Шелов, С. (2018). *Очерк теории терминологии: состав, понятийная организация, практические приложения*. ПринтПро.
- ФЕС — *Філософський енциклопедичний словник* (2002). Абрис.
- Юркевич, О. (2021). Таксономія частин та її логічні принципи в мереології. *Вісник НЮУ ім. Я. Мудрого. Серія: філософія, філософія права, політологія, соціологія*, 2(49), 11-24. <https://doi.org/10.21564/2663-5704.49.229767>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Akhmetbekova, A. (2014). The problem of terminographic semantization in education. *Procedia — Social and Behavioural* (pp. 2976-2979), Published by Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.691>.
- Bain, J., Ballantyne R., Mills, C., & Lester, N. (2002). *Reflecting on practice: Student teachers' perspectives*. Post Pressed.
- Birk, A (2011). What Is Robotics? An Interdisciplinary Field Is Getting Even More Diverse. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18(4), 94-95. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6096015>.
- Courant, R., & Robbins, H. (1996). *What is Mathematics? An elementary approach to ideas and methods*. Oxford University Press.
- International Organization for Standardization (2009). *Terminology work — Principles and methods* (ISO 704:2009).
- International Organization for Standardization (2021). *Robotics — Vocabulary* (ISO 8373:2021).
- MSC2020 — *Mathematics Subject Classification* (2020). AMC — American Mathematical Society. <https://mathscinet.ams.org/mathscinet/msc/msc2020.html>.

8. Ritchey, T. (2013). *General Morphological Analysis. A general method for non-quantified modelling*. Swedish Morphological Society. <https://www.swemorph.com/pdf/gma.pdf>.
9. Bogin, G. (2001). Obretenie sposobnosti ponimat': Vvedenie v germenевtiku [Gaining the ability to understand: Introduction to Hermeneutics]. *Psihologija i biznes onlajn – Psychology and Business online*. <https://www.klex.ru/2s6>. (in Russian).
10. Brjushinkin, V. (2001). *Logika [Logic]*. Gardariki. (in Russian).
11. Vojshvillo E., & Degtarev M. (2001). *Logika (Logic)*. VLADOS-PRESS (in Russian).
12. Gorbatov, V. (2005). *Logika. Uchebno-metodicheskij kompleks. [Logic. Educational and methodical complex]*. Izdatel'skij centr EAOI. (in Russian).
13. Zotova, V. (1998). *Semantyzatsiia termina u navchalnomu teksti ta slovnyku (na prykladi terminolohii robototekhniki) [Semantics of the term in the educational text and dictionary (on the example of robotics terminology)]*. Extended abstract of candidate's thesis. Dnipropetrovsk State University. <https://cheloveknauka.com/v/508391/a?#?page=1>. (in Ukrainian).
14. Ivlev, Ju. (1996). *Logika dlja juristov [Logic for lawyers]*. MGU. (in Russian).
15. Sirotkina-Primak, L. (2011). *Logiko-kognitivnye struktury operacij s ponjatijami [Logical-cognitive structures of operations with concepts]*. Candidate's thesis. Immanuel Kant Baltic Federal University. <https://cheloveknauka.com/logiko-kognitivnye-struktury-operatsiy-s-ponyatiyami>. (in Russian).
16. Titov, V. (2003). *Sistemno-morfologicheskij podhod v tehnike, nauke, social'noj sfere [System-morphological approach in technology, science, social sphere]*. Metodolog. <https://www.metodolog.ru/00039/00039.html>. (in Russian).
17. Shelov, S. (2018). *Ocherk teorii terminologii: sostav, ponjatijnaja organizacija, prakticheskie prilozhenija [Essay on the theory of terminology: composition, conceptual organization, practical applications]*. PrintPro. (in Russian).
18. FES — *Filosofskyi entsyklopedychnyi slovnyk [Philosophical encyclopedic dictionary]* (2002). Abrys. (in Ukrainian).
19. Yurkevych, O. (2021). Taksonomiia chastyn ta yii lohichni pryntsyipy v mereolohii [Taxonomy of parts and its logical principles in mereology]. *Visnyk NluU im. Ya. Mudroho. Seriya: filozofii, filozofii prava, politolohiia, sotsiolohiia – The Bulletin of Yaroslav Mudryi National Law University. Series: Philosophy, Philosophies of Law, Political Science, Sociology*, 2(49), 11-24. <https://doi.org/10.21564/2663-5704.49.229767>. (in Ukrainian).



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-005

UDC 378.147:[004.78:51]:[378.018.8:373.5.011.3-051:51]

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ЗАСОБАМИ СЕРЕДОВИЩА GEOGEBRA

Віталій ДУБОВИК ✉

Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини, Умань, Україна
vitalij.dybovuk@udpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-0717-4719>

Сергій РУДНИЦЬКИЙ

Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини, Умань, Україна
s.o.rudnytskyi@udpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-7798-5715>

USING GEOGEBRA ENVIRONMENT TO VISUALIZE EDUCATIONAL MATERIAL IN THE PROCESS OF TRAINING PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS

Vitalii DUBOVYK ✉

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,
Uman, Ukraine
vitalij.dybovuk@udpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-0717-4719>

Serhii RUDNYTSKYI

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,
Uman, Ukraine
s.o.rudnytskyi@udpu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-7798-5715>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Навчання майбутніх вчителів математики потребує високий рівень візуалізації навчального матеріалу. Інтеграція динамічного середовища GeoGebra у навчальний процес може допомогти покращити навички та знання студентів, а також підвищити рівень викладання для досягнення бажаних цілей навчання.

Матеріали і методи. У ході роботи використовувались наступні методи: теоретичні (аналіз науково-методичної літератури для дослідження стану проблеми застосування засобів візуалізації методами комп'ютерної математики); емпіричні (спостереження та систематизація інструментів GeoGebra на лекційних і практичних заняттях дисциплін «Лінійна алгебра» та «Диференціальна геометрія і топологія»). Показано, як за допомогою GeoGebra можна будувати та досліджувати просторові та плоскі криві; виконувати дії над матрицями.

Результати. Розглянуто особливості використання авторських аплетів та інших розробок GeoGebra під час викладання дисциплін диференціальна геометрія та лінійна алгебра у процесі підготовки майбутніх вчителів математики, зокрема описано можливості застосування даного інструмента для дослідження властивостей просторових кривих і формування практичних вмінь та навичок виконання операцій над матрицями, знаходження обернених матриць. Висвітлено переваги та недоліки використання середовища GeoGebra в освітньому процесі з лінійної алгебри та диференціальної геометрії.

Висновки. В сучасному світі впровадження інформаційних технологій в освітній процес є необхідною компонентою успішного засвоєння навчальних дисциплін з математики. Однією з потужних систем комп'ютерної математики для динамічної візуалізації, розрахунків під час розв'язування задач, обробки даних та науково-дослідницької роботи є середовище GeoGebra. В роботі на прикладі окремих математичних дисциплін показано переваги використання даної системи в освітньому процесі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інформаційні технології; GeoGebra; динамічна математика; візуалізація; диференціальна геометрія; лінійна алгебра.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The training of pre-service mathematics teachers requires a high level of visualization of educational material. Integrating a dynamic learning environment GeoGebra can help improve students' skills and knowledge, as well as improve the level of teaching to achieve desired learning goals.

Materials and methods. The following methods were used in the course of work: theoretical (analysis of scientific and methodological literature to study the state of the problem of using visualization tools by computer mathematics); empirical (observation and systematization of GeoGebra tools in lectures and practical classes of the disciplines "Linear Algebra" and "Differential Geometry and Topology"). It illustrated how one can build and explore space and plane curves with GeoGebra as well as manipulate matrices.

Results. This work studies peculiarity of using custom applets and other GeoGebra activities in the process of teaching differential geometry and linear algebra as a part of the pre-service mathematics teachers' training curriculum. In particular, it describes the affordances of this tool for studying the space curves and forming matrices operations, and finding inverse matrices skills. The advantages and disadvantages of using the GeoGebra environment in the process of teaching linear algebra and differential geometry are highlighted.

Conclusions. In today's world, the introduction of information technology in the educational process is a necessary component of the successful mastering of mathematics. GeoGebra is one of the powerful systems of computer mathematics used for dynamic visualization, problem-solving calculations, data processing, and research. This work uses some of the mathematical disciplines to illustrate the benefits of using GeoGebra in the educational process.

KEYWORDS: information technologies; GeoGebra; dynamic mathematics; visualization; differential geometry; linear algebra.

INTRODUCTION

Formulation of the problem. The constant development of information technology contributes to the expansion of opportunities for receiving, storing, processing, and transmitting the information. Given the need to improve the system of higher education, the use of modern information technologies (IT) is a powerful factor in improving the efficiency of education and the training of qualified professionals. In particular, during the training of pre-service teachers of mathematics, the use of IT opens new opportunities to not only increase the quality of learning material and the formation of practical skills but also to develop general and professional competencies and increase motivation to learn. Technologies of visualization of educational material, in particular, the dynamic mathematical environment GeoGebra with its wide range of functionalities and uses in education hold a special place among modern learning technologies.

Для цитування:

Dubovyk V., Rudnytskyi S. Using Geogebra environment to visualize educational material in the process of training pre-service mathematics teachers. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34, № 2. С. 33-37. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-005
Dubovyk V., & Rudnytskyi, S. (2022). Using Geogebra environment to visualize educational material in the process of training pre-service mathematics teachers. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 33-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-005>

For citation:

Dubovyk V., & Rudnytskyi, S. (2022). Using Geogebra environment to visualize educational material in the process of training pre-service mathematics teachers. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 33-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-005>
Dubovyk V., & Rudnytskyi, S. (2022). Using Geogebra environment to visualize educational material in the process of training pre-service mathematics teachers. *Fiziko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 33-37. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-005>

✉ Corresponding author

© V. Dubovyk, S. Rudnytskyi, 2022

Analysis of current research. Several findings by national and foreign scientists are devoted to the importance of introducing digital communication technologies into the process of education. These are works by Aliexsieiev O. M., Biliay Yu. P., Biloshapka N. M., Bykov V. Yu., Cherniavskyi B. V., Drushlyak M. H., Fedorenko O. H., Haletskyi S. M., Herasymenko I. V., Karandina S. I., Kovalchuk M. O., Kruhlyk V. S., Letsiuk I. Z., Lytvynova S. H., Mashbyts E. I., Medvedieva M. O., Mitieniev Yu. A., Mykytenko A. P., Myroshnichenko Yu. B., Nechypurenko P. P., Petrenko S. I., Rashevskaya N. V., Semenikhina O. V., Shrol T. S., Shylina H. A., Slovak K. I., Snihur O. M., Spirin O. M., Spivakovskiy O. V., Tkachuk H. V., Tkachuk V. V., Tryus Yu. V., Tsys O. O., Zhuk Yu. O., and others.

Various aspects of the introduction of visualization in the educational process are widely considered in their research by domestic and foreign scientists, in particular Argul A., Bezuhlyi D., Bilousova L. I., Briantseva V. H., Brucker B., Drushlyak M. G., Gerjets P., Hurevych R. S., Imber V. I., Semenikhina O. V., Shaiter K., Yamet I., and others.

Bezuhlyi D. notes that the visualization of information is a very important component of the didactic process (Bezuhlyi, 2014). Cognitive-visual approaches allow to not only present a large amount of information in a concise form but also promote more productive learning activities, enhance cognitive interest and development of associative thinking, transfer methods of information processing to various objects and spheres of society.

Brucker B., Scheiter K., and Gerjets P. who compared the effectiveness of dynamic visualization with static visualization note that students who were offered teaching material in the form of dynamic visualization understood it better than those who were presented with static visualization (Brucker et al., 2014).

Argul A. and Yamet I. explain the expediency of using visualization tools in the educational process and the need to combine the representation of dynamic visualization with static (Arguel & Jamet, 2009).

Several findings are devoted to the peculiarities of introducing GeoGebra into the process of education: research by Drushlyak M. G., Hrybyuk O. O., Ishchenko H. V., Lukashova T. D., Polishchuk T. V., Semenikhina O. V., Skaskiv L. V., Voznosymenko D. A., Yaremenko Yu. V., Yunchyk V. L. and others. Polishchuk T. V., who studied GeoGebra's affordances for mathematical analysis problems, said that the use of the environment allows for optimization of the learning process, conducting individual work, improving learning, enhancing cognitive activity, and promoting the formation of algorithmic thinking in pre-service teachers of mathematics, creating an opportunity to demonstrate the results of their educational activities, and most importantly, increasing students' interest in basic science by allowing visualization of the use of mathematical apparatus to solve applied problems (Polishchuk, 2019).

Drushlyak M. G., Lukashova T. D., Skaskiv L. V. confirmed the effectiveness of solving graph theory problems using GeoGebra, noting that the use of GeoGebra allows to not only to solve typical problems of the course but also to connect each problem with real-life situations through visualization (Drushlyak et al., 2019).

A significant amount of research is devoted to the use of GeoGebra in the teaching of algebra and geometry in general secondary education, as well as the teaching of certain mathematical disciplines in higher education, but the use of GeoGebra in teaching mathematics in the training of pre-service mathematics teachers is not sufficiently covered in the scientific literature. Therefore, it needs to be further researched.

Purpose of the article. Explore the affordances and reasons for using GeoGebra in the process of teaching about the elements of algebra and geometry in higher education institutions.

METHODS OF THE RESEARCH

The following methods were used in the research process: theoretical (analysis of scientific and methodological literature to investigate the problem of visualization of educational material in mathematics, comparison and synthesis of theoretical positions), empirical (observation and implementation of tools of dynamic system GeoGebra in teaching of certain mathematical disciplines in high school, generalization of pedagogical experience).

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

During the process of training pre-service teachers of mathematics, modern teaching means are used in several ways: to visualize educational material; to assist with self-study of educational material by students; to organize the evaluation of students' learning outcomes; for teacher-student interaction in cases where full-time learning is impossible or difficult; as simulators for practicing practical skills.

There is an increasing need to use modern teaching means in teaching mathematics to students of pedagogical universities. This is due to several factors:

1. The need to motivate students to study mathematical disciplines.
2. Reduction of classroom hours for the study of the discipline, while the program learning outcomes remain unchanged and there is a need to intensify the learning process.
3. Low level of the students' basic knowledge.
4. The need to visualize educational material.

One of the modern and multifunctional means of visualization of educational material in the teaching of fundamental mathematical disciplines in pedagogical universities is the free of charge dynamic mathematical environment GeoGebra. GeoGebra can be used to understand certain mathematical concepts, to help solve problems, and check their solutions.

As noted by scientist Semenikhina O. V. there are several ways of using the cloud service GeoGebra in teaching pre-service teachers of natural sciences and mathematics to introduce visualized mathematical content: as an environment to organize both analytical and empirical solutions to the problems in the process of determining individual characteristics of mathematical objects and as an environment for at-home computer experiments (Semenikhina et al., 2019).

The GeoGebra environment can be successfully used to visualize educational material in the process of studying geometry and topology. Commonly, when studying differential geometry, students use known formulas and equations, successfully calculate the values of its differential-geometric invariants for a given curve (plane), find the equations of related

lines and planes, but do not make a connection to the shape of the curve (or plane). Such a formal approach to the training of pre-service mathematics teachers may further negatively affect their professional activities. The GeoGebra environment, due to its extensive functionality, can help solve this problem.

During the lecture on the content module "Space curves", GeoGebra can be used to set space curves and points that belong to them. Space curves in differential geometry are often set parametrically:

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$$

or as one vector equation

$$\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$$

This method is best used for setting up and recognizing GeoGebra. In the application GeoGebra 3D this is done by the command *Curve* (<Expression>, <Expression>, <Expression>, <Parameter Variable>, <Start Value>, <End Value>). On the example of a regular (cylindrical) helix, consider the image of a curve, the equation of which includes the letter coefficients (*a* and *b*). To do this, the command *Curve* (*a*cos(t)*, *a*sin(t)*, *b*t*, *t*, -10, 10) is used. After pressing the Enter key on the keyboard and in the GeoGebra 3D system, sliders for the coefficients *a* and *b* will automatically appear (Fig. 1.). As they are changed, one gets a real-time illustration of how changing one numerical coefficient at a fixed other affects the curve image (as changing the parameter *a* changes the radius of the cylinder containing the helix, while changing the parameter *b* – changes its pitch). One can also investigate some exceptional cases (for example, when one of the coefficients is zero). In addition, by clicking on the *Play* icon next to each parameter and adjusting the playback speed, one can observe the dynamic movement of the formation of the helix while changing both coefficients. Furthermore, the increase in the rate of change of the parameter *t* will increase the number of turns of the helix.

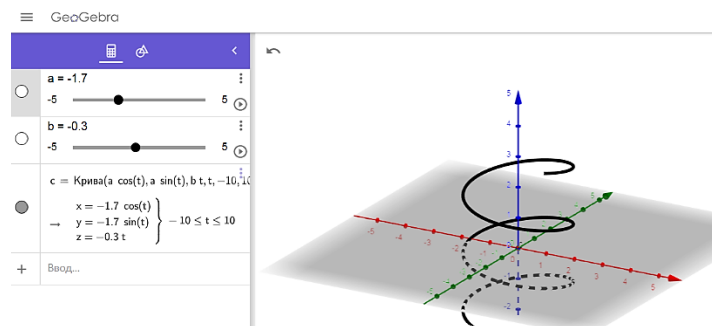


Fig. 1. Image of a helix

It is also possible to build closed space curves in the system that contain a self-intersection point, such as Viviani's curve (Fig. 2.). To do this, GeoGebra 3D uses the command *Curve* (*a/2 (1+cos(t))*, *a/2 sin(t)*, *a*sin(t/2)*, *t*, -2pi, 2pi)

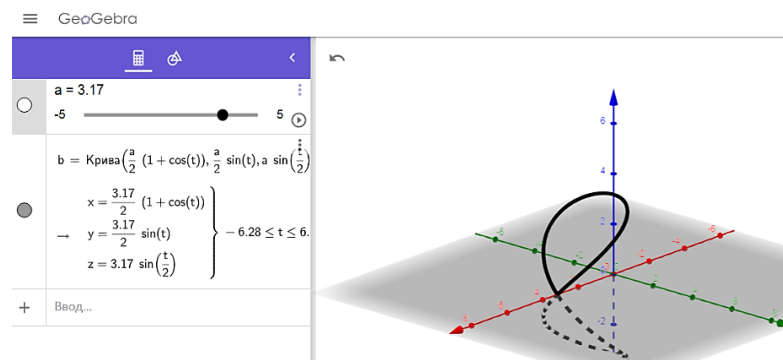


Fig. 2. Image of the Viviani's curve

The image of space curves is not the only possible cause of difficulties for students. Many lines on the plane are also of great interest for research in applied aspects of mathematics and can be constructed using GeoGebra media (Drushliak & Semenikhina, 2021). They are cycloid, epitrochoid, Fermat's spiral, deltoid, etc. The study of such curves can be offered to students as extracurricular work to be performed in the form of individual research work using the GeoGebra system. The subject of research can be the history of their discovery, practical application, and finding further characteristics of these curves.

The GeoGebra system can be used to visualize the training material used during practical classes. Integrating innovative teaching methods using IT can be extremely effective for teaching Linear Algebra or Analytical Geometry and Linear Algebra, as it helps activate students' learning. (Makhometa et al., 2018). For example, a series of applets "Actions on matrices" allows students to practice multiplication of a matrix by a number, adding matrices, and multiplying matrices during a practical lesson in the discipline "Linear Algebra". Methodological features of using a series of developed applets during a practical lesson on linear algebra were studied.

At the stage of actualization of basic knowledge, with the help of, for example, a face-to-face interview, students are reminded of the rules of operations on matrices. After that, the teacher displays the first applet with an animation video of the rule of multiplication of matrices on the screen or multimedia projector (Fig. 3). No such animations to demonstrate other operations have not been developed, as other operations usually do not cause difficulties for students.

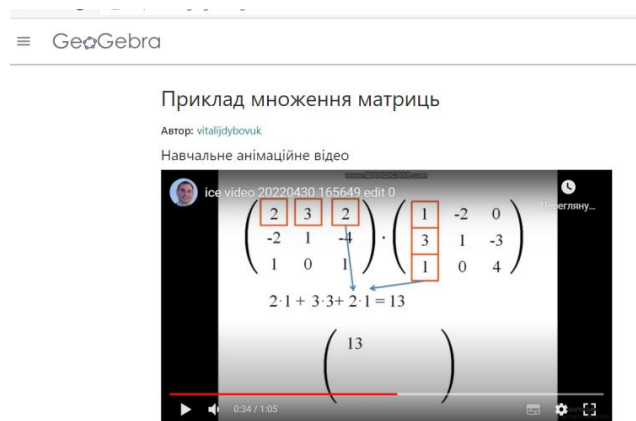


Fig. 3. The activity of GeoGebra with an animation video of the rule of multiplication

The formation of practical skills takes place with the help of applets that display actions on matrices with elements that are randomly selected by the program (-10 to 10), the refresh button, which sets new random elements of matrices, the button that displays the result (Fig. 4.). First, students solve the problems they see on the screen or the multimedia board, and then, by clicking on the result button, they check their answers. If the answer is incorrect, the students look for the mistake on their own. The teacher helps each student who has questions in the process.

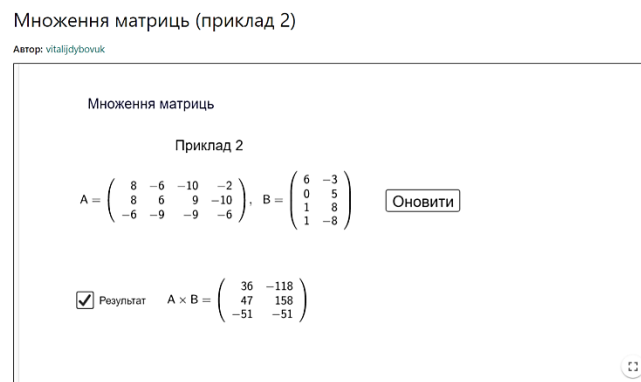


Fig. 4. The task in the GeoGebra software

Access to a series of applets is provided to students at the end of the lesson so that students can improve their skills and abilities to perform operations on matrices at home.

In the formation of practical skills and abilities to find inverse matrices the applet "Inverse matrix Gauss-Jordan" can be successfully used (Fig. 5.). This applet involves finding the inverse matrix to the matrix provided by employing elementary transformations. The user can choose the size of the matrix to which they find the inverted one and then fill in the appropriate cells of the matrix element. After clicking the arrows in the applet window, the steps of obtaining the inverse matrix to the specified one are visualized so that the user sees both the result and the operations performed on the rows.

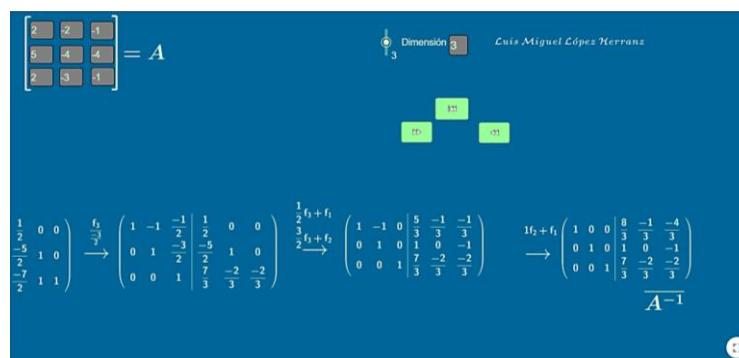


Fig. 5. Using the GeoGebra system to find inverse matrices
Source: <https://www.geogebra.org/m/jyZZkaAw>

Developing the practical skill of finding inverse matrices using this applet helps save time due to the lack of need to perform routine calculations, which, in turn, eliminates errors and incorrect answers.

GeoGebra environment can be used successfully to visualize educational material during teaching and other mathematical disciplines: mathematical analysis (Dereza & Ivanova, 2018), complex analysis (Polishchuk, 2021), elementary

mathematics (Kramarenko, 2019), graph theory (Drushlyak et al., 2019), analytical geometry (Drushlyak et al., 2020), mathematical foundations of computer science (Hrybiuk & Yunchyk, 2016), etc.

There are many benefits to using GeoGebra in teaching pre-service math teachers. In particular:

- allowing to visualize spatial models, stages of solving problems;
- promoting the individualization and differentiation of learning;
- contributing to the improvement of professional skills of pre-service teachers of mathematics by forming in pre-service teachers of mathematics information culture and skills in the use of computer technology and mathematical software products;
- intensifying educational and cognitive activities;
- integrating GeoGebra applets into electronic manuals and textbooks, or electronic educational and methodological complexes.

However, using the GeoGebra system has its disadvantages:

- the need for tools to work with the Geogebra service, as well as, possibly, an Internet connection;
- insufficient level of computer literacy and methodological preparation for practical work using GeoGebra;
- misuse of the system by the students, which can lead to poor learning of educational material.

CONCLUSIONS AND PERSPECTIVES FOR A FURTHER RESEARCH

The quality of the educational process significantly increases with the use of information technologies, in particular, the system of dynamic mathematics GeoGebra. This system becomes an effective tool in the visualization of educational material in the study of mathematical disciplines and helps improve the quality of knowledge of pre-service teachers of mathematics, intensification of educational and cognitive activities, and the formation of skills to acquire knowledge independently. As for the future research directions, they are the development of custom GeoGebra applets and compiling the methodology of teaching employing these tools in the process of training pre-service teachers of mathematics.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Arguel, A., & Jamet, E. (2009). Using video and static pictures to improve learning of procedural contents. *Computers in Human Behavior*, 25, 354–359.
2. Bezuhlyi, D. S. (2014). Vizualizatsiia yak suchasna stratehiia navchannia [Visualization As A Strategy In Modern Teaching]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(2), 5–11. (in Ukrainian).
3. Brucker, B., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2014). Learning with dynamic and static visualizations: Realistic details only benefit learners with high visuospatial abilities. *Computers in Human Behavior*. Amsterdam, 36, 330–339.
4. Dereza, I. S. & Ivanova, O. A. (2018). Vykorystannia GeoGebra u protsesi navchannia temy «Pokhidna ta yii zastosuvannia» [Using of GeoGebra during learning the theme «The derivative and its applications»]. *Novitni kompiuterni tekhnologii – New Computer Technology*, 16, 269–274. (in Ukrainian).
5. Drushlyak, M. G. Lukashova, T. D., & Skaskiv, L. V. (2019). Navchannia maibutnikh vchyteliv matematyky rozviazuvaty zadachi teorii hrafiv iz vykorystanniam GeoGebra [Learning Future Math Teachers To Solve The Problems Of Graph Theory Using Geogebra]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(19), 35–40. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-006>. (in Ukrainian).
6. Drushlyak, M. G., & Semenikhina, O. V. (2021). Kompiuterni instrumenty realizatsii konstruktyvnoho pidkhodu v GeoGebra [Computer tools for implementing a constructive approach in GeoGebra]. *II Mizhnarodna konferentsiia «Problemy vykladannia matematyky u zakladakh osvity: teoriia, metodyka, praktyka, prysviachena akademiku O. V. Pohorielovu – II International conference «Problems of teaching mathematics in educational institutions: theory, methods, practice» dedicated to academician O. V. Pogorelov*. (pp. 58–61). Kharkiv. (in Ukrainian).
7. Drushlyak, M. Semenikhina, O. Proshkin, V. Kharchenko, S., & Lukashova, T. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra), *Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, 458–472.
8. Hrybiuk, O. O., & Yunchyk, V. L. (2016). Osoblyvosti vykorystannia systemy GeoGebra v protsesi navchannia kursu «Matematychni osnovy informatyky» [Features Of Using The System GeoGebra In Teaching Course «Mathematical Foundations Of Informatics»]. *Aktualni pytannia humanitarnykh nauk – Humanities science current issues*, 15, 284–298. (in Ukrainian).
9. Kramarenko, T. H. (2019). Vybrani pytannia elementarnoi matematyky z GeoGebra: GeoGebraBook [Selected Questions Of Elementary Mathematics From GeoGebra]. Kryvyi Rih: Kryvyi Rih State Pedagogical University. <https://www.geogebra.org/m/gqpk8yfu>. (in Ukrainian).
10. Makhometa, T. M., Vakaliuk, T. A., & Tiahai, I. M. (2018). Informatsiino-komunikatsiini tekhnologii navchannia analitychnoi heometrii ta liniinoi algebry maibutnikh uchyteliv fizyky y informatyky [Information And Communication Technologies In Training The Discipline «Analytical Geometry And Linear Algebra» At The Pedagogical University]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 67(5), 173–186. <https://doi.org/10.33407/itlt.v67i5.2156>. (in Ukrainian).
11. Polishchuk, T. V. (2021). Geogebra yak efektyvnyi zasib formuvannia tsyfrovoy kompetentnosti u maibutnikh uchyteliv matematyky pid chas vyvchennia kursu «Kompleksnyi analiz» [Geogebra as an effective tool for the formation of digital competence in future mathematics teachers during the course «Complex Analysis»]. *Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity – Topical issues of natural science and mathematics education*, 1(17), 144–153. (in Ukrainian).
12. Polishchuk, T. V. (2019). Vykorystannia systemy GeoGebra v protsesi navchannia kursu «Matematychnyi analiz» [Using The Geogebra System In The Process Of Teaching The Course «Mathematical Analysis»]. https://informatika.udpu.edu.ua/?page_id=526. (in Ukrainian).
13. Semenikhina, O. V., Drushliak, M. V., & Khvorstina, Yu. V. (2019). Vykorystannia khmarneho servisu GeoGebra u navchanni maibutnikh uchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dysyplin [Use Of GeoGebra Cloud Service In Future Math Teachers' Teaching]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 73(5), 48–66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>. (in Ukrainian).



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-006

УДК 373:004

ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ НАВИЧОК КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТЕКСТОВИХ ЗАДАЧ

Олена СЕМЕНІХІНА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Марина ДРУШЛЯК ✉

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 marydru@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

FORMATION OF PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS' COMPUTER MODELING SKILLS IN THE PROCESS OF SOLVING MATH PROBLEMS

Olena SEMENIKHINA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Marina DRUSHLYAK ✉

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 marydru@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Розвиток інформаційних технологій і засобів зумовив появу спеціалізованого програмного забезпечення математичного моделювання, в якому є можливим процес математичного моделювання різних класів математичних задач, у т.ч. й текстових. Проте аналіз науково-методичних розвідок засвідчив відсутність напрацьованих методик формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач.

Матеріали і методи. Використано теоретичні (теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення результатів наукових розвідок для виявлення стану розробленості проблеми, обґрунтування її актуальності в умовах професійної підготовки вчителів математики; моделювання для теоретичного обґрунтування методики формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач), емпіричні (педагогічний експеримент для отримання емпіричних результатів упровадження авторської методики) та статистичні (статистичний аналіз (критерій знаків) для підтвердження ефективності розробленої методики формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач) методи.

Результати. Розроблена методика формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач передбачає три кроки: 1 крок – викладачем пропонується приклад візуальної моделі текстової задачі, а студенти при цьому мають самостійно скласти алгоритм побудови моделі; 2 крок – викладач пропонує надає готовий алгоритм, за яким студенти самостійно відтворюють візуальну модель; 3 крок – студентам пропонується тип текстової задачі (задача на рух, на спільну роботу, на суміші та сплави тощо), вони підбирають відповідну задачу та самостійно конструюють візуальну модель.

Висновки. Розроблена методика зорієнтована не лише на формування у майбутнього вчителя навичок моделювання інструментами GeoGebra, а й завдяки ролі в грі на третьому етапі своєї реалізації уможливує усвідомлення як власних помилок у майбутній професійній діяльності, так і типових помилок учнів, які можливі у процесі побудови моделей до текстових задач. Перспективними науковими розвідками вбачається поширення розробленої методики на підготовку вчителів природничих спеціальностей (біології, хімії, географії) та перевірку її ефективності на базі іншого спеціалізованого програмного забезпечення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютерне моделювання; моделювання текстових задач; методика формування навичок комп'ютерного моделювання; майбутні вчителі математики; професійна підготовка; GeoGebra.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The development of information technologies and means has led to the emergence of specialized mathematics software, in which the process of mathematical modeling of various classes of math problems is possible. However, the analysis of scientific and methodological research showed the lack of developed methods of formation of pre-service mathematics teachers' modeling skills in the process of solving math problems.

Materials and methods. Theoretical (theoretical analysis, systematization, and generalization of the results of scientific research to identify the state of the problem, justify its relevance in the training of mathematics teachers; modeling for theoretical justification of methods of formation of pre-service mathematics teachers' modeling skills in solving math problems), empirical (pedagogical experiment to obtain empirical results of the author's methodology) and statistical (statistical analysis (sign test) to confirm the effectiveness of the developed methodology of formation of pre-service mathematics teachers' modeling skills in solving math problems).

Results. The developed methodology of formation of pre-service mathematics teachers' modeling skills in solving math problems involves three steps: Step 1 – the teacher offers an example of a visual model of a math problem, and students must independently compose an algorithm for constructing a model; Step 2 – the teacher offers a ready-made algorithm by which students independently reproduce the visual model; Step 3 – students are offered a type of math task (a task for movement, joint work, mixtures, and alloys, etc.), they select the appropriate task and independently construct a visual model.

Conclusions. The developed methodology is focused not only on the formation of pre-service teachers' modeling skills by GeoGebra but also on role-playing in the third stage of its implementation allowing awareness of their own mistakes in future professional activities and typical mistakes of students that are possible in constructing models. Promising scientific research sees the spread of the developed methodology for the training of teachers of natural specialties (biology, chemistry, geography) and testing its effectiveness on the basis of other specialized software.

KEYWORDS: computer simulation; modeling of math problems; methodology of formation of computer modeling skills; pre-service mathematics teachers; professional training; GeoGebra.

Для цитування:

Семеніхіна О., Друшляк М. Формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34, № 2. С. 38-42. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-006

Семеніхіна, О., & Друшляк, М. (2022). Формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 38-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-006>

For citation:

Senenikhina, O., & Drushlyak, M. (2022). Formation of pre-service mathematics teachers' computer modeling skills in the process of solving math problems. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 38-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-006>

Senenikhina, O., & Drushlyak, M. (2022). Formuvannya u maibutnikh uchyteliv matematyky navychok kompiuternoho modelivannya u protsesi rozv'iazuvannya tekstoviykh zadach [Formation of pre-service mathematics teachers' computer modeling skills in the process of solving math problems]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 38-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-006>

✉ Corresponding author

© O. Semenikhina, M. Drushlyak, 2022

ВСТУП

Постановка проблеми. Сучасна наука оперує різними методами, серед яких одним із найпопулярніших є моделювання. Цей метод дозволяє відійти від ідеального уявлення об'єкта і використовувати його аналог, який зберігає найважливіші характеристики, що дозволяють говорити про властивості об'єкта після певних змін або впливів на нього. Розвиток цифрових технологій сприяв не тільки відродженню методу моделювання, а й призвів до появи спеціалізованих комп'ютерних середовищ, в яких стало можливим моделювання різноманітних математичних об'єктів і процесів на основі конструктивного підходу. Широке використання смартфонів і планшетів, які мають доступ до Інтернету, обумовили появу хмарних сервісів, які також дозволяють моделювати об'єкти різної природи. Згадані спеціалізовані засоби перебувають у постійному розвитку, а тому проблема формування навичок комп'ютерного моделювання на їх основі у майбутніх учителів математики залишається актуальною.

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз проблеми формування навичок комп'ютерного моделювання у майбутніх учителів свідчить, що з появою спеціалізованих програм математичного спрямування її вирішення зосередилося не скільки на усвідомленні алгоритмів елементарних побудов, скільки на вміннях використати комп'ютерний інструментарій та вміннях візуального подання результату. На останньому, зокрема, наголошено в роботі Л. Білоусової та Н. Житеньової (2017).

Наразі з'являються хмарні версії відомих середовищ, в яких представлена можливість математичного моделювання, зокрема Sage MathCloud, Maple, Maple Net, MATLAB, MATLAB web-server, WebMathematica, Calculation Laboratory та ін. (Merzlykin, Popel & Shokaliuk, 2017). До даного переліку додамо також хмарні сервіси CoCalc (Markova, Semerikov & Popel, 2018) та GeoGebra (Botuzova, 2018; Hrybiuk, 2020).

Про доцільність використання спеціалізованого ПЗ для моделювання математичних об'єктів наголошується у роботі (Sheng, 2014). Вільне поширення і досвід використання GeoGebra (візуалізація математичних об'єктів; організація не лише аналітичного, але й емпіричного пошуку відповіді при визначенні окремих характеристик математичних об'єктів; організація домашнього комп'ютерного експерименту) дозволяють розглядати GeoGebra як засіб для формування у молоді умінь моделювати.

Формування навичок моделювання окремими вченими пов'язується з формуванням дослідницьких умінь (Пікалова & Новаковська, 2007; Білоусова & Житеньова, 2017). В роботах науковців наголошується на важливості навчання молоді моделювати (Sekmez, 2020), розвивати в неї конструктивні вміння (роботи Е. Лакші (2008), Н. Кононенка (2010), Т. Іваніної (2010)).

Водночас аналіз науково-методичних праць не виявив усталених шляхів формування навичок комп'ютерного моделювання у майбутніх учителів, що й визначило **мету** нашого дослідження: теоретично обґрунтувати й експериментально перевірити методику формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставленої проблеми використано низку теоретичних і емпіричних методів наукового пошуку:

- теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення результатів наукових розвідок для виявлення стану розробленості проблеми, обґрунтування її актуальності в умовах професійної підготовки вчителів математики; моделювання для теоретичного обґрунтування методики формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач;
- педагогічний експеримент для отримання емпіричних результатів упровадження авторської методики;
- статистичний аналіз (критерій знаків) для підтвердження ефективності розробленої методики формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Авторська методика формування вмінь моделювати текстові задачі полягає в наступному: викладач на хмарному сервісі <https://www.geogebra.org/> знайомить студентів із прикладами візуальних моделей до текстових задач (спрацьовує метод нетнографії, рис. 1). При цьому коротко зупиняється на тому, у який спосіб такі побудови здійснювалися (використовувалися Slider, Text, Button, Check Box). Після цього демонструє одну з описаних побудов у хмарному сервісі GeoGebra (рис. 2), а потім пропонує студентам прописати алгоритм наведеної побудови (спрацьовує проблемний метод).

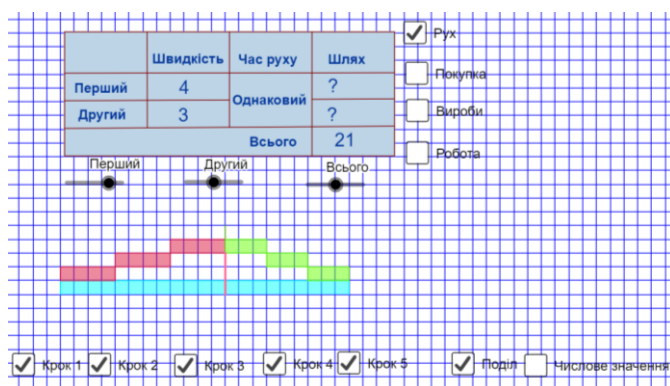


Рис. 1. Задача на пропорційне ділення
(автор Наталія Кішук, <https://www.geogebra.org/m/bhw6xbcp>)

Потім викладач пропонує студентам за алгоритмом (надається кожному студенту) відтворити побудову і продемонструвати одержаний результат, здійснити аналіз можливих помилок.

Коротко методику слід описати так:

1 крок – викладачем пропонується приклад візуальної моделі текстової задачі, а студенти при цьому мають самостійно скласти алгоритм побудови моделі;

2 крок – викладач пропонує надає готовий алгоритм, за яким студенти самостійно відтворюють візуальну модель;

3 крок – студентам пропонується тип текстової задачі (задача на рух, на спільну роботу, на суміші та сплави тощо), вони підбирають відповідну задачу та самостійно конструюють візуальну модель.

Зазначимо також, що в умовах дистанційного навчання саме сервіс GeoGebra дозволяє демонстрацію побудов у спільному доступі та можливість працювати з моделями у будь-який час з будь-якого місця.

Авторська методика формування у майбутніх учителів навичок комп'ютерного моделювання реалізується в три етапи:

- 1) опанування комп'ютерного інструментарію GeoGebra;
- 2) формування вмінь майбутніх учителів моделювати (на матеріалі текстових задач курсу математики базової школи);
- 3) формування вмінь студентів добирати та/або формулювати авторські задачі, які можуть бути розв'язані методом моделювання у GeoGebra.

На першому етапі опановується комп'ютерний інструментарій GeoGebra: студенти знайомляться з можливостями використання GeoGebra для розв'язування різних класів математичних задач. Особливий акцент має ставитися на інструменти геометричних побудов та бігунки, завдяки яким є можливість в інтерактивному режимі змінювати побудовану конструкцію (приклад моделювання розв'язків задачі з використанням 4-х бігунків для динамічного моделювання подано на рис. 2).

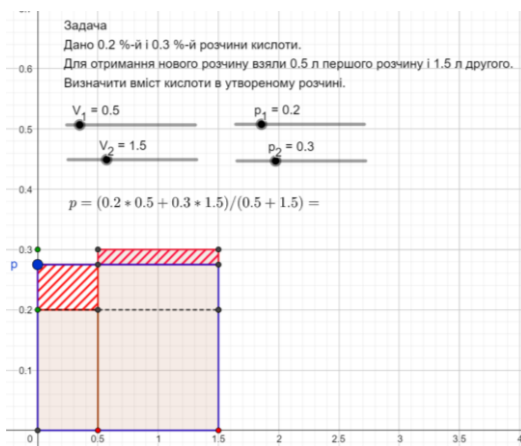


Рис. 2. Модель текстової задачі (<https://www.geogebra.org/m/vsbhkapn>)

Опанування модуля «Моделювання текстових задач» передбачає надання студентам інструктивних матеріалів з прикладами розв'язування текстових задач у середовищі GeoGebra. На першому занятті студенти мають виконати завдання на моделювання текстових задач шкільного курсу математики за зразком і самостійно. На друге заняття студенти мають підготувати 10 текстових задач, причому до 5-ти з них надати інструктивні матеріали для розв'язування у GeoGebra. Студенти мають обмінятися розробленими дидактичними матеріалами, розв'язати завдання і повернути їх для перевірки. На третє заняття студенти мають перевірити виконані іншим студентом завдання і зробити аналіз помилок, які подати на широкий загал для обговорення.

Перевірку ефективності розробленої моделі було здійснено протягом 2019-2021 років на основі педагогічного експерименту (кількість учасників – 51 студент), на початку і наприкінці якого було проведено дві контрольні роботи: студентам до педагогічного експерименту і після нього потрібно було побудувати візуальну модель до задачі «З пунктів А та В, відстань між якими 210 км, на зустріч одна одній рухалися легкова та вантажна машини. Швидкість легкового авто 80 км/год, а вантажного – 60 км/год. Яка буде відстань між машинами через півгодини?» (рис. 3).

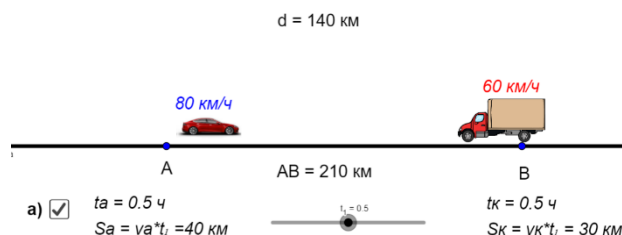


Рис. 3. Візуальна модель до задачі на зустрічний рух

Оцінювання розв'язків задачі відбувалося за десятьма показниками для кожного студента (більш детально у таблиці 1).

Таблиця 1

Показники сформованості навичок комп'ютерного моделювання

№	Показники	Бали
1	Вміння аналізувати текст задачі	1
2	Вміння встановлювати відношення між даними і запитанням	1
3	Вміння використовувати інструмент Slider	1
4	Вміння використовувати інструмент dynamic Text	1
5	Вміння використовувати інструмент Button	1
6	Вміння використовувати інструмент Check Box	1
7	Вміння використовувати інструменти Image	1
8	Вміння будувати модель візуально коректно (розташування, колір, розмір тощо)	1
9	Вміння написати алгоритм та відтворити кроки алгоритму побудови моделі	1
10	Вміння інтерпретувати результати комп'ютерного розв'язання	1

Оскільки досліджувався розвиток навичок моделювати для кожної особи, то було використано критерій знаків. Результати контрольних зрізів фіксувалися на початку експерименту та в кінці експерименту. Потім визначалася кількість респондентів, у яких загальний бал знизився («-»), не змінився («0») та підвищився («+») – таблиця 2.

Таблиця 2

Динаміка балів

Динаміка балів	Негативні, «-»	Без змін, «0»	Додатні, «+»	Кількість змін, $n = \text{«-»} + \text{«+»}$
Кількість респондентів	6	13	32	38

За правилом прийняття рішення (Грбарь & Краснянская, 1977) маємо: значення $T_{\text{експ}} = 32$ (це кількість знаків «+» у вибірці), $n = 38$ (це кількість респондентів, у яких відбулися зміни у результатах), область прийняття нульової гіпотези: $[11; 27]$ на рівні значущості 0,05.

Оскільки $T_{\text{експ}}$ не входить у інтервал прийняття гіпотези H_0 , то відхиляємо нульову гіпотезу і приймаємо альтернативну з висновком, що методика формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач є ефективною. Оскільки значення $T_{\text{експ}}$ вийшло за межі відрізка праворуч, то потрібно зробити висновок про позитивну динаміку кількості таких студентів, у яких в процесі розв'язування текстових задач сформувалися вміння моделювати.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Розвиток інформаційних технологій актуалізував сприйняття моделювання як провідного методу наукового пізнання та засобу розвитку інтелектуальних навичок молоді. При цьому для вирішення багатьох математичних задач використовується метод моделювання. Уміння моделювати у майбутніх учителів математики можуть бути успішно сформованими за умови використання відповідної методики.

2. Розроблена методика формування у майбутніх учителів математики навичок комп'ютерного моделювання у процесі розв'язування текстових задач базується на трьох кроках (1 крок – викладачем пропонується приклад візуальної моделі текстової задачі, а студенти при цьому мають самостійно скласти алгоритм побудови моделі; 2 крок – викладач пропонує надає готовий алгоритм, за яким студенти самостійно відтворюють візуальну модель; 3 крок – студентам пропонується тип текстової задачі (задача на рух, на спільну роботу, на суміші та сплави тощо), вони підбирають відповідну задачу та самостійно конструюють візуальну модель). Її ефективність підтверджена експериментально на рівні значущості 0,05 з використанням критерію знаків.

3. Розроблена методика зорієнтована не лише на формування у майбутнього вчителя навичок моделювання інструментами GeoGebra, а й завдяки рольовій грі на третьому етапі своєї реалізації уможливило усвідомлення як власних помилок у майбутній професійній діяльності, так і типових помилок учнів, які можливі у процесі побудови моделей до текстових задач.

Подальших наукових розвідок потребують питання реалізації методики: у підготовці вчителів природничих спеціальностей (біології, хімії, географії); в умовах мобільного навчання; на базі іншого спеціалізованого програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Cekmez, E. (2020). Using dynamic mathematics software to model a real-world phenomenon in the classroom, *Interactive Learning Environments*, 28, 4, 526-538, <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674882>.
- Markova, O., Semerikov, S. & Popel, M. (2018). CoCalc as a learning tool for neural network simulation in the special course "Foundations of mathematic informatics", *CEUR Workshop Proceedings*, 2104, 388-403.
- Merzlykin, P., Popel, M. & Shokaliuk, S. (2017). Services of SageMathCloud environment and their didactic potential in learning of informatics and mathematical disciplines, *CEUR Workshop Proceedings*, 2168, 13-19.
- Sheng, J. (2014). Study on Mathematical Modeling Software MATLAB Teaching in Higher Vocational Colleges, In *Proceedings of 2014 2nd International Conference in Humanities, Social Sciences and Global Business Management (ISSGBM 2014)*, 28, 175-181.
- Білоусова, Л. І., Житенева, Н. В. (2017). Функціональний підхід до використання технологій візуалізації для інтенсифікації навчального процесу. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 57(1), 38-49. <https://doi.org/10.33407/itlt.v57i1.1525>.

6. Ботузова, Ю.В. (2018). Динамічні моделі Geogebra на уроках математики як основа STEM-підходу. *Фізико-математична освіта*. 3(17), 31-35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-017-3-005>.
7. Грабарь, М.И. & Краснянская, К.А. (1977). *Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы*. М.: Педагогика.
8. Гриб'юк, О.О. (2020). Система динамічної математики GeoGebra як засіб підтримки загальних і спеціальних здібностей учнів в процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу: з досвіду роботи. *Фізико-математична освіта*. 2(24), 37-51. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-006>.
9. Иванина, Т. А. (2010). Роль конструктивной деятельности в развитии ребёнка. *Вестник Красноярского государственного педагогического университета*, 19–23.
10. Кононенко, Н. В. (2010). Особенности развития у школьников конструктивного компонента умственной деятельности в области геометрии. *Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Физика, математика, техника, технология*, 2, 128-131.
11. Лакша, Е.И. (2008). Роль конструктивных умений учащихся при подготовке к профессиональной деятельности. *Творчество и исследовательская деятельность в математическом образовании: материалы респ. науч.-практ. конф.*, Белорусь, Минск, 41–43.
12. Пікалова, В.В. & Новаковська, Л.М. (2007). Формування дослідницьких умінь студентів при вивченні теми «Криві другого рівня». *Проектування навчального середовища як методична проблема. Зб. матеріалів Всеукраїнської студентського науково-практичної конференції*. Херсон, 107-109.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Cekmez, E. (2020). Using dynamic mathematics software to model a real-world phenomenon in the classroom. *Interactive Learning Environments*, 28, 4, 526-538, <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674882>.
2. Markova, O., Semerikov, S. & Popel, M. (2018). CoCalc as a learning tool for neural network simulation in the special course "Foundations of mathematic informatics". *CEUR Workshop Proceedings*. 2104, 388-403.
3. Merzlykin, P., Popel, M. & Shokaliuk, S. (2017). Services of SageMathCloud environment and their didactic potential in learning of informatics and mathematical disciplines. *CEUR Workshop Proceedings*, 2168, 13-19.
4. Sheng, J. (2014). Study on Mathematical Modeling Software MATLAB Teaching in Higher Vocational Colleges. In *Proceedings of 2014 2nd International Conference in Humanities, Social Sciences and Global Business Management (ISSGBM 2014)*, 28, 175-181.
5. Bilousova, L. I. & Zhytyenyova, N. V. (2017). Functional approach to the use of technology of visualization for intensification of learning process, *Information Technologies and Learning Tools*, 57(1), 38-49. <https://doi.org/10.33407/itlt.v57i1.1525>. (in Ukrainian).
6. Botuzova, Yu. (2018). Dynamicni modeli Geogebra na urokakh matematyky yak osnova STEM-pidkhodu [Geogebra Dynamic Models At The Mathematics Lessons As A STEM-Approach]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3(17), 31-35. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-017-3-005>. (in Ukrainian).
7. Grabar, M. & Krasnjanskaja, K. (1977). *Primeneniye matematicheskoy statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyakh. Neparametricheskiye metody* [Application of mathematical statistics in pedagogical researches. Nonparametric methods], Pedagogika, Moscow. (in Russian).
8. Hrybiuk, O. (2020). Systema dynamichnoi matematyky Geogebra yak zasib pidtrymky zahalnykh i spetsialnykh zdibnostei uchniv v protsesi doslidnytskoho navchannia predmetiv matematychnoho tsyклу: z dosvidu roboty [System of dynamic mathematics of GeoGebra as a means of supporting general and special abilities of students in the process of research learning: practical work experience]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 2(24), 37-51. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-024-2-006>. (in Ukrainian).
9. Ivanina, T. (2010). The role of constructive activity in the development of the child [The role of constructive activity in the development of the child]. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University – Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University*, 19–23. (in Russian).
10. Kononenko, N. (2010). Osobennosti razvitiya u shkol'nikov konstruktivnogo komponenta umstvennoy deyatel'nosti v oblasti geometrii [Features of the development of the constructive component of mental activity in the field of geometry in schoolchildren]. *Uchenyye zapiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Fizika, matematika, tekhnika, tekhnologiya – Scientific notes of the Trans-Baikal State University. Series: Physics, mathematics, engineering, technology*, 128-131. (in Russian).
11. Laksha, E. (2008). Rol' konstruktivnykh umeniy uchashchikhsya pri podgotovke k professional'noy deyatel'nosti. [The role of students' constructive skills in preparation for professional activity]. *Tvorchestvo i issledovatel'skaya deyatel'nost' v matematicheskom obrazovanii: materialy resp. nauch.-prakt. konf. – Conference Creativity and research in mathematics education*, 41-43. (in Russian).
12. Pikalova, V. & Novakovska, L. (2007). Formuvannya doslidnytskykh umin studentiv pry vyvchenni temy «Kryvi druhoho rivnia» [Formation of research skills of students in studying the topic "Second Level Curves"]. *Proektuvannya navchalnoho seredovyscha yak metodychna problema. Zb. materialiv Vseukrainskoi studentskoho naukovopraktychnoi konferentsii – All-Ukrainian Conference Designing a learning environment as a methodological problem*, 107-109. (in Ukrainian).



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-007

УДК 373.5: 378.14

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ GEOGEBRA ДО ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РОЗРОБОК З ГЕОМЕТРІЇ

Анатолій ТУШЕВ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
 Дніпро, Україна
 avtus@i.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5219-1986>

Василь ЧУПОРДЯ ✉

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
 Дніпро, Україна
 vchupordia@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0723-4075>

APPLICATION OF THE GEOGEBRA TO THE FORMATION OF RESEARCH SKILLS IN THE CREATION OF DYNAMIC APPLETS IN GEOMETRY

Anatolii TUSHEV

Oles Honchar Dnipro National University,
 Dnipro, Ukraine
 avtus@i.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5219-1986>

Vasyl CHUPORDIA ✉

Oles Honchar Dnipro National University,
 Dnipro, Ukraine
 vchupordia@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0723-4075>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Важливим завданням сучасної освіти є формування у здобувачів умінь самостійно висувати ідеї та знаходити способи їх реалізації, застосовувати знання з різних галузей, самостійно знаходити відсутню інформацію, вміння формулювати гіпотези і встановлювати причинно-наслідкові зв'язки. Пошук ефективних засобів та способів формування та розвитку таких умінь є неодмінною складовою роботи вчителя. Стаття присвячена реалізації формування дослідницьких умінь під якими розуміються вказані уміння. У якості засобу реалізації розглядається програма динамічної математики GeoGebra. Однією з можливостей програми є здатність наявних об'єктів реагувати певним чином на зміни об'єктів даної розробки. У роботі запропоновано використання такої можливості до створення динамічних розробок із залученням здобувачів задля формування та розвитку заданих умінь.

Матеріали і методи. Аналіз та систематизація науково-педагогічної літератури з використання та впровадження в освітній процес спеціалізованих програмних комплексів, зокрема, програми динамічної математики GeoGebra. Емпіричний аналіз можливостей програми GeoGebra у контексті створення динамічних розробок для навчання геометрії.

Результати. Запропоновано використання можливостей програми GeoGebra показувати/приховувати наявні в області побудови об'єкти до створення динамічних розробок з геометрії та впровадження їх в освітній процес. На прикладі створення розробок з побудови висоти трикутника, побудови ортоцентра трикутника та визначення типу чотирикутника показано впровадження відображення додаткових побудов та відповідних написів в залежності від типу трикутника/чотирикутника.

Висновки. Запропонований підхід із залученням здобувачів освіти до створення динамічних розробок у програмі GeoGebra сприятиме як засвоєнню відповідного матеріалу так і формуванню та розвитку дослідницьких умінь. Зокрема, якісна візуалізація процесу розв'язання поставленої задачі дасть змогу бачити результати впровадження сформульованих гіпотез, знаходити та аналізувати помилки, виправляти їх і одразу перевіряти результат виправлень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: програма динамічної математики; GeoGebra; дослідницькі уміння; шкільний курс геометрії.

ABSTRACT

Formulation of the problem. An important task of modern education is to develop in students the ability to independently put forward ideas and find ways to implement them, apply knowledge from different industries, independently find missing information, the ability to formulate hypotheses, and establish cause-and-effect relationships. Finding effective means and ways of forming and developing such skills is an essential part of a teacher's work. The article is devoted to the implementation of the formation of research skills, which means these skills. GeoGebra dynamic mathematics program is considered a means of implementation. One of the features of the program is the ability of existing objects to respond in some way to changes in the objects of this applet. We suggest using this ability to create dynamic applets with the involvement of students for the formation and development of these skills.

Materials and methods. Analysis and systematization of scientific and pedagogical literature on the use and implementation in the educational process of specialized software packages, in particular the dynamic mathematics software GeoGebra. Empirical analysis of GeoGebra's capabilities in the context of creating dynamic applets for geometry learning.

Results. It is proposed to use the capabilities of GeoGebra to show/hide existing objects in the construction area to create dynamic applets in geometry and implement them in the educational process. The application of displaying auxiliary constructions and corresponding inscriptions depending on the type of triangle/quadrilateral was shown in the example of creating applets for constructing the height of a triangle, constructing the orthocenter of a triangle, and determining the type of quadrilateral.

Conclusions. The proposed approach involving students in the creation of dynamic applets in the GeoGebra program will promote the formation and development of research skills. In particular, high-quality visualization of the process of solving the problem will allow you to see the results of the implementation of the formulated hypotheses, find and analyze errors, correct them and immediately check the result of corrections.

KEYWORDS: dynamic mathematics program; GeoGebra; research skills; school course of geometry.

Для цитування:

Тусhev A., Чупордя В. Застосування програми Geogebra до формування дослідницьких умінь під час створення динамічних розробок з геометрії. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 43-49. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-007

Tushev, A., & Chupordia, V. (2022). Zastosuvannya prohramy Geogebra do formuvannya doslidnytskyykh uminyh pid chas stvorennia dynamichnykh rozrobok z geometrii. *Fiziko-matematichna osvita*, 34(2), 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-007>

For citation:

Tushev, A., & Chupordia, V. (2022). Application of the Geogebra to the formation of research skills in the creation of dynamic applets in geometry. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-007>

Tushev, A., & Chupordia, V. (2022). Zastosuvannya prohramy Geogebra do formuvannya doslidnytskyykh uminyh pid chas stvorennia dynamichnykh rozrobok z heometrii [Application of the Geogebra to the formation of research skills in the creation of dynamic applets in geometry]. *Fiziko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 43-49. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-007>

✉ Corresponding author

© A. Tushev, V. Chupordia, 2022

ВСТУП

Постановка проблеми. Одними з найважливіших характеристик сучасного фахівця є вміння самостійно висувати ідеї та знаходити способи їх реалізації, застосовувати знання з різних галузей, самостійно знаходити відсутню інформацію, вміння формулювати гіпотези і встановлювати причинно-наслідкові зв'язки. Вказані вміння є складовими дослідницьких умінь і тому формування та розвиток відповідних умінь є важливою складовою освітнього процесу. Таким чином, природно постає питання про пошук засобів та способів викладення матеріалу, які б сприяли набуттю дослідницьких умінь та навичок здобувачами освіти. Однією із заporук належного сприйняття викладеного матеріалу є, за можливістю, його якісна візуалізація. Тож постає питання про можливості забезпечення такої візуалізації. Вдале використання в освітньому процесі сучасних програмних комплексів дає можливість якісної візуалізації матеріалу, зокрема й за допомогою комп'ютера, електронної дошки і т. ін. Така візуалізація сприяє розумінню та засвоєнню матеріалу учнями та студентами. Наразі, коли учасники освітнього процесу часто опиняються в умовах дистанційного навчання, застосування інтерактивних програмних комплексів для викладання математики є актуальною як ніколи. Можливість швидкої побудови якісних малюнків та графіків із заданими властивостями із подальшою можливістю динамічної зміни побудованих об'єктів це неодмінна вимога для якісного програмного комплексу який слід використовувати під час викладання математики. Одним із найкращих таких програмних продуктів, більш того ще й безкоштовним, є програма динамічної математики GeoGebra. Інтерфейс програмного комплексу є інтуїтивно зрозумілим, що значно спрощує як початок роботи з ним, так і подальше використання. Ця програма має доволі широкі можливості. Однією з переваг програм динамічної математики є можливість змінювати побудовані об'єкти та здатність побудованих об'єктів заданим чином реагувати на застосування зміни. Так, зокрема, програма GeoGebra передбачає можливість внесення умов відображення/приховування побудованих об'єктів. Використання цієї можливості дозволяє включити учнів в процес створення динамічних розробок, що буде сприяти виникненню в них питання: «Що якщо?», що в свою чергу вже буде сприяти формуванню та розвитку певних дослідницьких умінь та навичок. Більш того, у процесі розробки природно виникне й необхідність відповідати на поставлене питання та знаходити шляхи його вирішення. У роботі запропоновано варіанти застосування зазначеного підходу при створенні динамічних розробок з геометрії.

Аналіз актуальних досліджень. Програма динамічної математики GeoGebra має у своєму арсеналі великий набір інструментів для створення динамічних комп'ютерних моделей. На сучасному етапі розвитку шкільної математичної освіти використання комп'ютерних моделей у навчальному процесі є однією з передумов підвищення його результативності (Ракута, 2012). Особливостям використання програми динамічної математики GeoGebra присвячено низку досліджень та розробок. Так, серед посібників, які описують особливості роботи в різних комплексах, зокрема і в середовищі GeoGebra, з певним їх порівнянням можна зазначити (Друшляк, 2019; Крамаренко та ін., 2019; Друшляк, 2020). Суто можливостям програми GeoGebra присвячені посібники (Ларин, 2015; Гризун та ін., 2018; Есян та ін., 2017), серед яких найбільш детальним є останній. Є й багато статей присвячених опису можливостей програми GeoGebra та впровадженню їх в освітній процес. Так, зокрема, у (Drushlyak et al., 2020; Семеніхіна та ін., 2019) запропоновано способи використання хмарного сервісу GeoGebra в освітньому процесі. У (Semenikhina et al., 2018) обґрунтовано використання GeoGebra як ефективного засобу формування функціонального мислення учнів та розглядається можливість використання GeoGebra при розв'язуванні екстремальних задач методом, що базується на побудові емпіричного графіка залежності між наявними параметрами та визначенні екстремуму. У (Semenikhina et al., 2019) пропонуються різні способи використання сервісів GeoGebra для підготовки майбутніх учителів математики у розрізі використання сучасних інформаційних (цифрових) технологій у професійній діяльності. В (Semenikhina&Drushlyak, 2015) описані можливості використання програми GeoGebra 5.0 при вивченні теорії ймовірностей, зокрема розглянуто ідею динамічної візуалізації результатів випадкових випробувань та запропоновано низку задач із вказівками до розв'язання, на базі яких можна реалізовувати ідею візуалізації результатів випадкових випробувань. В статті (Семеніхіна&Друшляк, 2015) розглядається можливість використання параметричного кольору математичних об'єктів у програмах динамічної математики при розв'язуванні задач на ГМТ. У (Друшляк та ін., 2019) наведено опис методичного підходу у навчанні майбутніх вчителів математики розв'язувати задачі теорії графів, умови яких «прив'язуються» до місцевого матеріалу і передбачають формування у майбутніх фахівців умінь застосовувати набуті знання на практиці. Стаття (Ракута, 2012) присвячена аналізу функціональних можливостей GeoGebra з точки зору інноваційності і перспектив їх використання у процесі вивчення математики, розглянуто питання науково-методичного і дидактичного забезпечення застосування GeoGebra.

У нашій роботі пропонується використання однієї з можливостей програми динамічної математики GeoGebra для розробки динамічних моделей та залучення учнів до процесу створення таких моделей з метою формування та розвитку в них дослідницьких умінь та навичок.

Мета статті. Висвітлення однієї з можливостей програми GeoGebra до створення інтерактивних динамічних розробок з геометрії та опис можливого залучення учнів до цього процесу з метою засвоєння відповідного матеріалу та формування та розвитку дослідницьких умінь.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз та систематизація науково-педагогічної літератури з використання та впровадження в освітній процес спеціалізованих програмних комплексів, зокрема програми динамічної математики GeoGebra. Емпіричний аналіз можливостей програми GeoGebra у контексті створення динамічних розробок для навчання геометрії.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

GeoGebra – це вільне програмне забезпечення, програма динамічної математики для всіх рівнів освіти, що включає в себе окрім розділів геометрії, алгебри, таблиць, графіків, математичного аналізу, також блоки теорії ймовірностей і статистики в одному зручному для використання пакеті. Тому засіб може успішно використовуватися як у

навчанні математики у середній школі, так і при вивченні вищої математики, аналітичної геометрії, математичного аналізу, елементарної математики, методики навчання математики у закладах вищої педагогічної освіти.

Програма динамічної математики GeoGebra, є потужним, сучасним, інтуїтивно зрозумілим у використанні продуктом який вартий уваги усіх учасників освітнього процесу навчання математики. З одного боку учні можуть бачити геометричні образи та пов'язувати їх з алгебричною інтерпретацією. Більш того, програма передбачає можливість динамічної зміни параметрів об'єктів побудови, що дає можливість візуальної відповіді на питання: «Що, якщо?». З іншого боку вчителі можуть за допомогою пакета GeoGebra, як будувати якісні малюнки, так і робити їх динамічними, з можливістю не тільки підвести учнів до запитання: «Що, якщо?», а й допомогти їм відповісти на нього з відповідною візуалізацією. Такий процес залучення учнів до створення динамічних розробок сприятиме фактично у режимі реального часу знаходженню шляхів вирішення поставленої задачі, перевірці висунутих ідей щодо її розв'язання, пошуку додаткової необхідної інформації. Не на останньому місці для учнів є й враження від візуального сприйняття програми, яка має сучасний вигляд та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Для створення якісних розробок для викладання математики варто, серед іншого, звернути увагу на те, що пакет GeoGebra дає можливість відображення в області побудови об'єктів за певних заданих умов. Цим можна скористатись, наприклад, для побудови висоти трикутника. Побудуємо трикутник ABC з висотою, проведеною з вершини B (таблиця 1).

Таблиця 1

Побудова висоти трикутника

Елементи побудови	інструменти
Трикутник ($t1=$ Многокутник(A,B,C))	Многокутник
Пряма AC (g : Пряма(A,C))	Пряма (через дві точки)
Перпендикулярну пряму з точки B до прямої AC (f : ПерпендикулярнаПряма(B,g))	Перпендикулярна пряма
Точка перетину перпендикуляра f та прямої AC ($D=$ Перетин(f,g))	Перетин
Висота трикутника BD ($h=$ Відрізок(B,D))	Відрізок
Приховаємо пряму f .	Показати/приховати об'єкт

За таких побудов пряма AC буде відображатись навіть тоді, коли висота трикутника розташована всередині трикутника. Природно, побудувати таку модель (рис. 1, <https://www.geogebra.org/classic/bsc7peus>), на якій би відображалась пряма AC тільки у тому разі, коли вона потрібна для побудови відповідної висоти. В налаштуваннях прямої AC у вкладці «Додатково» є поле «Умови відображення об'єкту» яке можна заповнити відповідним висловлюванням, яке має приймати значення "true" або "false". У тому випадку, якщо значення висловлювання дорівнює "true" – об'єкт буде видно в області побудови, якщо "false" – об'єкт буде приховано. Школярам можна запропонувати спочатку сформулювати відповідну умову, а потім, добудувавши необхідні для сформульованої умови об'єкти, занести її у відповідне поле. Зазначимо, що варто за можливості вносити та перевіряти навіть ті умови, які не забезпечуватимуть необхідного результату. У разі, коли запропонована умова не буде належним чином забезпечувати необхідний ефект, то варто разом з учнями проаналізувати ситуацію, та за можливості виправити її. Коли відповідна коректна умова буде сформульована і внесена у відповідне поле, варто запропонувати учням спробувати знайти й інші умови, які забезпечать той же ефект.

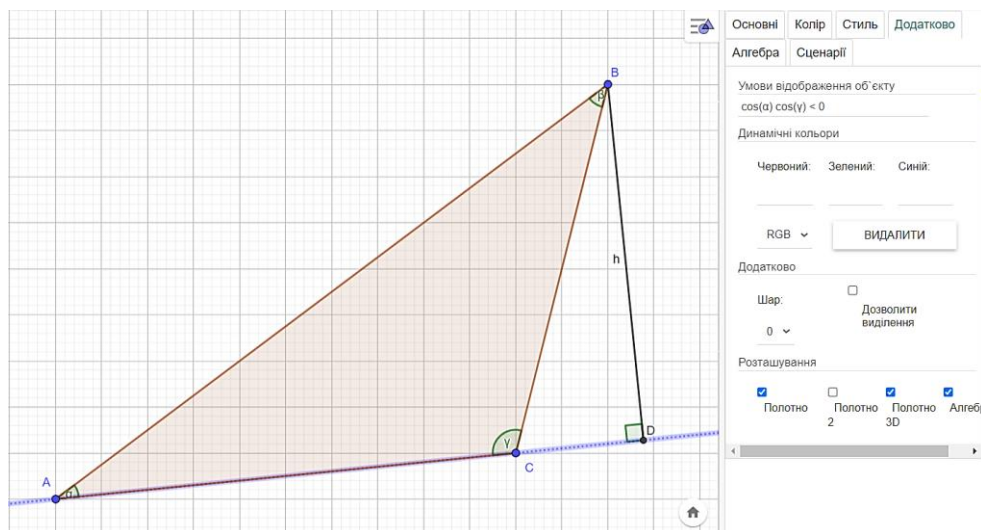


Рис. 1. Висота трикутника з динамічними додатковими побудовами

Слід зазначити, що застосування такого підходу особливо буде доречним вчителям математики та інформатики, бо здатність формулювати умови, у разі виконання яких має виконуватись та чи інша дія, є в певному сенсі «фундаментом» програмування.

Скориставшись попереднім досвідом можна запропонувати модифікувати попередню розробку для формування динамічної моделі (рис. 2, <https://www.geogebra.org/classic/hd2h76wn>) побудови ортоцентра трикутника з

урахуванням типу трикутника. Тобто, запропонувати сформулювати умови, за яких мають з'являтися відповідні додаткові побудови та внести їх в налаштування відповідних об'єктів. Крім того, розробку можна доповнити написами, щодо розташування ортоцентра, які можуть також з'являтися з урахуванням типу трикутника. Умови у запропонованій розробці надамо у вигляді таблиці 2

Таблиця 2

Умови відображення додаткових побудов

Об'єкт	Умови відображення об'єкту
Пряма AB	$\cos(\alpha) \cos(\beta) < 0$
Пряма BC	$\cos(\beta) \cos(\gamma) < 0$
Пряма AC	$\cos(\alpha) \cos(\gamma) < 0$
Пряма AF , ($AF \perp BC$)	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) < 0$
Пряма BD , ($BD \perp AC$)	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) < 0$
Пряма CE , ($CE \perp AB$)	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) < 0$
Напис «Гострокутний - ортоцентр всередині трикутника.»	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) > 0$
Напис «Прямокутний - ортоцентр співпадає з вершиною прямого кута трикутника.»	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) \stackrel{?}{=} 0$
Напис «Тупокутний - ортоцентр зовні трикутника.»	$\cos(\alpha) \cos(\beta) \cos(\gamma) < 0$

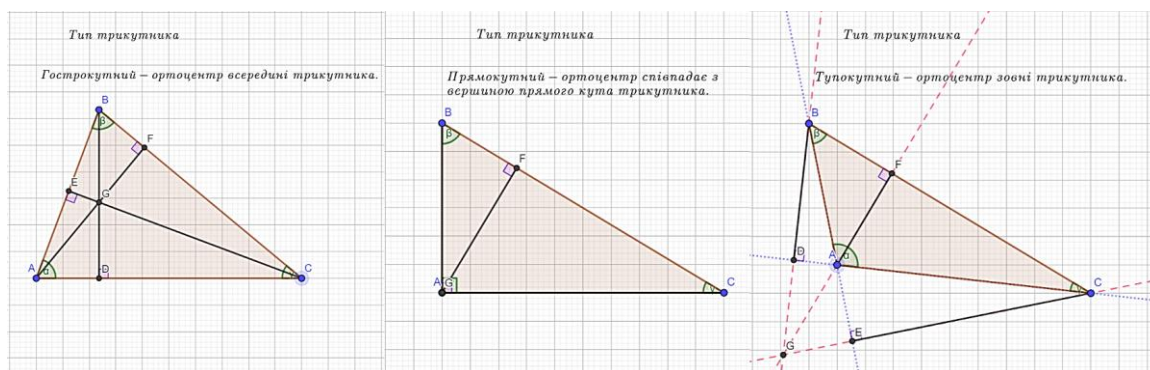


Рис. 2. Ортоцентр трикутника з динамічними додатковими побудовами

Ще одним прикладом застосування описаних можливостей програми динамічної математики GeoGebra, може слугувати розробка (рис. 3-6, <https://www.geogebra.org/classic/kd6uuxyn>), що буде визначати тип чотирикутника. А саме, з огляду на те, який чотирикутник знаходиться в області побудови, має з'являтися напис з відповідним типом цього чотирикутника. Побудувавши довільний чотирикутник (таблиця 3), можна запропонувати встановити тип цього, чотирикутника. Далі змінюючи чотирикутник можна перелічити можливі варіанти та запропонувати умови, які будуть визначати відповідний тип чотирикутника. Встановивши необхідні додаткові об'єкти побудови, доповнюємо ними розробку. У запропонованій розробці містяться наступні об'єкти

Таблиця 3

Побудова розробки визначення типу чотирикутника

Елементи побудови	інструменти
Чотирикутник зі своїми сторонами ($\text{ч1}=\text{Многокутник}(A,B,C,D)$, $a=\text{Відрізок}(A,B,\text{ч1})$, $b=\text{Відрізок}(B,C,\text{ч1})$, $c=\text{Відрізок}(C,D,\text{ч1})$, $d=\text{Відрізок}(D,A,\text{ч1})$)	Многокутник
Діагоналі чотирикутника ($f=\text{Відрізок}(B,D)$, $g=\text{Відрізок}(A,C)$)	Відрізок
Точка перетину діагоналей ($E=\text{Перетин}(f,g)$)	Перетин
Внутрішні кути чотирикутника ($\text{ВнутрішніКути}(\text{ч1})$)	Кут
Кут між діагоналями ($\epsilon=\text{Кут}(f,g)$)	Кут

В налаштуваннях кута між діагоналями чотирикутника потрібно вибрати відображення кута від 0° до 180° .

Для відображення типу чотирикутника у запропонованій розробці містяться наступні умови:

Таблиця 4

Умови відображення додаткових побудов розробки визначення типу чотирикутника

Об'єкт	Умови відображення об'єкту
Напис «Опуклий чотирикутник»	$E \stackrel{?}{=} \text{Перетин}(g, f)$
Напис «Увігнутий чотирикутник»	$E \neq \text{Перетин}(g, f) \wedge \alpha + \beta + \gamma + \delta \stackrel{?}{=} 360^\circ$
Напис «Перехрещений чотирикутник»	$\alpha + \beta + \gamma + \delta \neq 360^\circ$
Напис «Паралелограм»	$a \stackrel{?}{=} c \wedge b \stackrel{?}{=} d \wedge E \stackrel{?}{=} \text{Перетин}(g, f)$
Напис «Прямокутник»	$a \stackrel{?}{=} c \wedge b \stackrel{?}{=} d \wedge \alpha \stackrel{?}{=} 90^\circ$
Напис «Ромб»	$a \stackrel{?}{=} c \wedge b \stackrel{?}{=} d \wedge a \stackrel{?}{=} b$
Напис «Квадрат»	$a \stackrel{?}{=} c \wedge a \stackrel{?}{=} b \wedge b \stackrel{?}{=} d \wedge \alpha \stackrel{?}{=} 90^\circ$
Напис «Трапеція»	$\alpha + \beta \stackrel{?}{=} 180^\circ \wedge \alpha + \delta \neq 180^\circ \vee \alpha + \delta \stackrel{?}{=} 180^\circ \wedge \alpha + \beta \neq 180^\circ$
Напис «Дельтоїд»	$\epsilon \stackrel{?}{=} 90^\circ \wedge (c \stackrel{?}{=} b \vee a \stackrel{?}{=} b)$

Учніям можна запропонувати спробувати побудувати усі типи чотирикутників у запропонованій розробці, знайти недоліки та запропонувати шляхи їх усунення. Крім того варто запропонувати знайти власні варіанти розв'язання поставленої задачі.

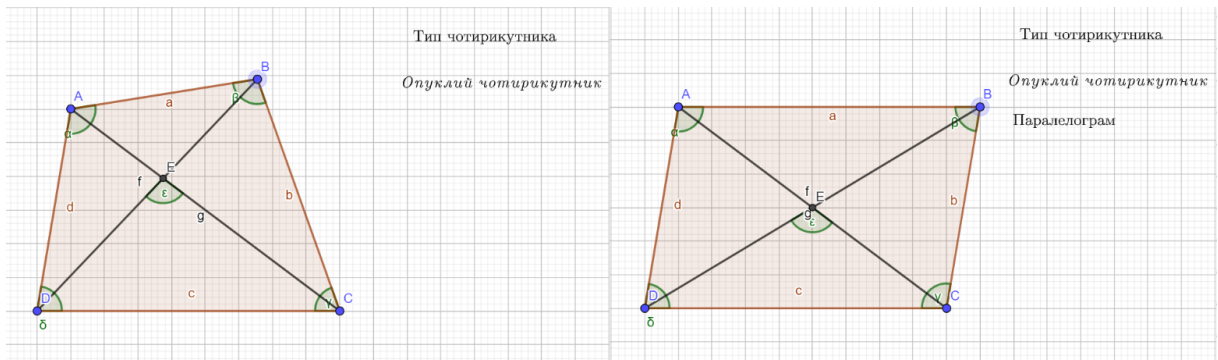


Рис. 3. Розробка визначення типу чотирикутника (опуклий чотирикутник, паралелограм)

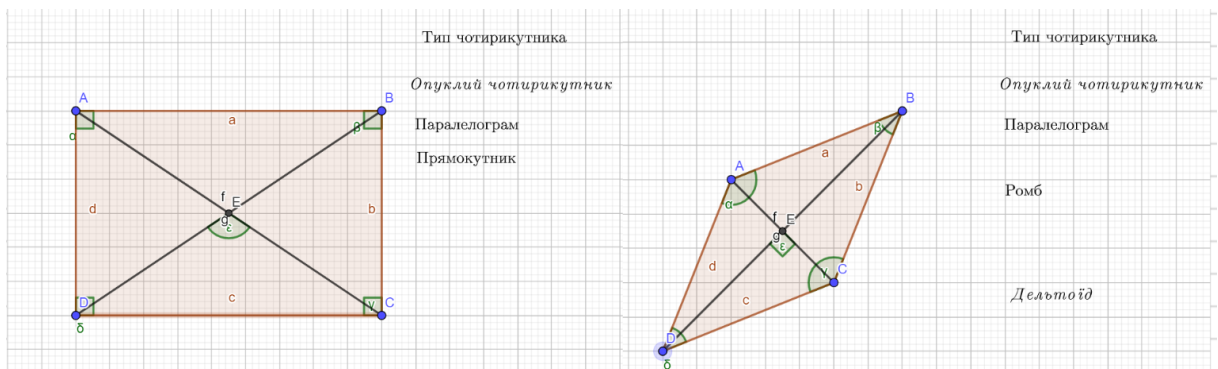


Рис. 4. Розробка визначення типу чотирикутника (прямокутник, ромб)

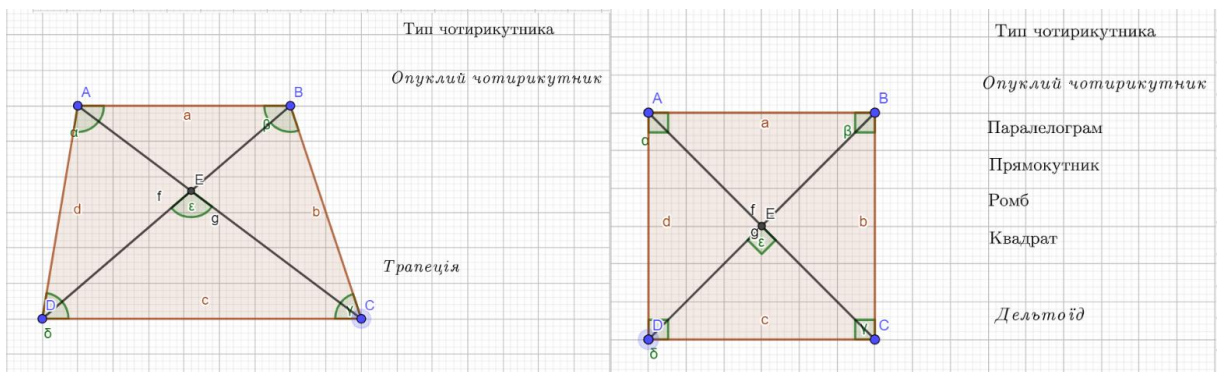


Рис. 5. Розробка визначення типу чотирикутника (трапеція, квадрат)

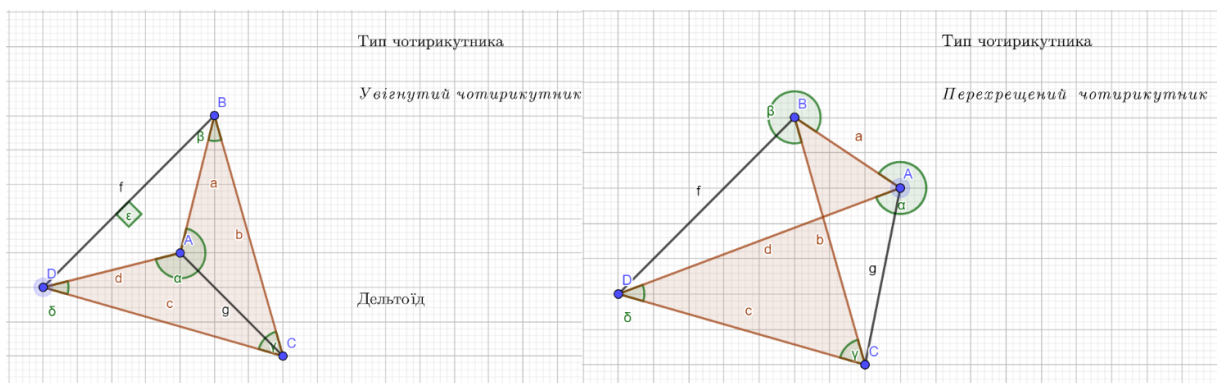


Рис. 6. Розробка визначення типу чотирикутника (дельтоїд, перехрещений чотирикутник)

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті запропоновано приклад використання можливості програми GeoGebra показувати/приховувати об'єкти в області побудови до створення якісних динамічних розробок з геометрії. Використання запропонованого прийому дасть змогу створювати розробки, які в певному сенсі будуть більш «живими», що у свою чергу збільшить привабливість сприйняття здобувачами освіти. З іншого боку, запропонований підхід із залучення учнів до створення таких розробок спонукатиме до формувань у них умінь висувати ідеї та знаходити способи їх реалізації, самостійно знаходити відсутню інформацію, вміння формулювати гіпотези і встановлювати причинно-наслідкові зв'язки. Запропонований підхід дає змогу поєднавши математику та інформатику отримати візуальну реалізацію набутих знань та навичок у вигляді динамічної і достатньо універсальної розробки. Подальші дослідження можна пов'язати як із застосуванням описаної техніки до розв'язання інших задач та залученням інших можливостей програми, так і з переходом на інші предмети.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гризун, Л.Е., Пікалова, В.В., Русіна, І.Д., & Цибулька, В.А. (2018). *Практикум з опанування пакету динамічної математики GeoGebra як інструменту реалізації STEM-освіти*: навч. посіб., Харків: ХНПУ імені Г.С. Сковороди. <https://www.geogebra.org/m/jjqf2vfk>
2. Друшляк, М. Г. (2020). Візуалізовані завдання як засоби формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики. *Формування предметних компетентностей майбутніх вчителів фізики та математики засобами та технологіями сучасного освітнього середовища* : колективна монографія. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 135-155. <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/9496>.
3. Друшляк, М.Г. (2019). *Шкільний курс алгебри з комп'ютерною підтримкою*. Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка.
4. Друшляк, М.Г., Лукашова, Т.Д., & Скасків, Л.В. (2019). Навчання майбутніх вчителів математики розв'язувати задачі теорії графів із використанням GEOGEBRA. *Фізико-математична освіта*, 1(19), 35-40. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-006>.
5. Есаян, А.Р., Добровольский, Н.М., Седова, Е.А., & Якушин, А.В. (2017). *Динамическая математическая образовательная среда GeoGebra*. Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н.Толстого.
6. Крамаренко, Т.Г., Корольський, В.В., Семеріков, С.О., & Шокалюк, С. В. (2019). Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики. Кривий Ріг : Криворізький держ. пед. ун-т. <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/571>.
7. Ларин, С.В. (2015). *Компьютерная анимация в среде GeoGebra на уроках математики*. Ростов-на-Дону: Легион.
8. Ракута, В.М. (2012). Система динамічної математики GeoGebra як інноваційний засіб для вивчення математики. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 30(4). <https://doi.org/10.33407/itlt.v30i4.700>.
9. Семеніхіна, О.В., & Друшляк, М.Г. (2015). Практика використання параметричного кольору в програмах динамічної математики при розв'язуванні задач на ГМТ. *Фізико-математична освіта*, 2 (5), 65-72.
10. Семеніхіна, О.В., Друшляк, М.Г., & Хворостіна, Ю. В. (2019). Використання хмарного сервісу GeoGebra у навчанні майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 73(5), 48-66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>.
11. Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)* (p. 458-472). Kryvyi Rih, Ukraine, December 18.
12. Semenikhina, O., Drushlyak, M. (2015). Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. *European Journal of Contemporary Education*, 11(1), 82-90.
13. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Bondarenko, Yu., Kondratiuk, S., & Dehtiarova, N. (2019). Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL –Technology, Education, Management, Informatics*, 8(1), 65-72. <https://doi.org/10.18421/TEM81-08>.
14. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Zigunova, I., & Budyanskiy, D. (2018). Geogebra as means of improving the quality of education. *Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2018): 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications* (May 14-17, 2018; Kyiv), (p.331-345), Kyiv.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Hryzun, L.E., Pikalova, V.V., Rusina, I.D., & Tsybulka, V.A. (2018) *Praktykum z opanuvannia paketu dynamichnoi matematyky GeoGebra yak instrumentu realizatsii STEM-osvity* [Workshop on the study of the package of dynamic mathematics GeoGebra as a tool for implementing STEM education]. Kharkiv: KhNPU imeni H.S. Skovorody. <https://www.geogebra.org/m/jjqf2vfk>. (in Ukrainian).
2. Drushlyak, M.H. (2020). Vizualizovani zavdannia yak zasoby formuvannia vizualno-informatsiinoi kultury maibutnih uchyteliv matematyky [Visualized Tasks as a Means of Formation of Future Mathematics Teachers Visual and Information Culture] *Formuvannia predmetnykh kompetentnostei maibutnih vchyteliv fizyky ta matematyky zasobamy ta tekhnolohiiamy suchasnoho osvitnoho seredovyscha – Formation of subject competencies of future teachers of physics and mathematics by means and technologies of modern educational environment*. Sumy : SumDPU imeni A. S. Makarenka, 135–155. <http://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/9496>. (in Ukrainian).
3. Drushlyak, M.H. (2019). *Shkilnyi kurs alheby z kompiuternoiu pidtrymkoiu [Algebra school course with computer support]*, Sumy: SumDPU im. A.S. Makarenka. (in Ukrainian).
4. Drushlyak, M.G., Lukashova, T.D., & Skaskiv, L.V. (2019). Navchannia maibutnih vchyteliv matematyky rozv'yazuvaty zadachi teorii hrafiv iz vykorystanniam GEOGEBRA [Learning Future Math Teachers To Solve The Problems Of Graph Theory Using Geogebra]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(19), 35-40. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-006>. (in Ukrainian).
5. Esajan, A.R., Dobrovolskiy, N.M., Sedova, E.A., & Yakushin, A.V. (2017). *Dinamicheskaja matematicheskaja obrazovatel'naja sreda GeoGebra [Dynamic math learning environment GeoGebra]*. Tula: Izd-vo Tul. gos. ped. un-ta im. L.N.Tolstogo. (in Russian).
6. Kramarenko, T.H., Korolskiy, V.V., Semerikov, S.O., & Shokaliuk S. V. (2019). *Innovatsiini informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii navchannia matematyky [Innovative information and communication technologies for teaching mathematics]*. Kryvyi Rih: Kryvorizkiy derzh. ped. un-t. <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/571>. (in Ukrainian).
7. Larin, S.V. (2015). *Komp'yuternaja animacija v srede GeoGebra na urokah matematiki [Computer animation in the GeoGebra environment in mathematics lessons]*, Rostov-na-Donu: Legion. (in Russian).
8. Rakuta, V. M. (2012). Systema dynamichnoi matematyky GeoGebra yak innovatsiinyi zasib dla vyvchennia matematyky [Geogebra dynamic mathematics system, as innovative tool for the study of mathematics]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 30(4). <https://doi.org/10.33407/itlt.v30i4.700>. (in Ukrainian).

9. Semenikhina, O.V., & Drushlyak, M.G. (2015). Praktyka vykorystannia parametrychnoho koloru v prohramakh dynamichnoi matematyky pry rozv'iazuvanni zadach na HMT [Practice of the Use of Parametric Color in Dynamic Mathematics Software in Solving Locus Problems]. *Fizyko-matematychna osvita – Physics and Mathematics Education*, 2 (5), 65-72. (in Ukrainian).
10. Semenikhina, O.V., Drushlyak, M.H., & Khvorostina, Yu.V. (2019). Vykorystannia khmarnoho servisu GeoGebrau navchanni maibutnikh vchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin. [Use of GeoGebra Cloud Service in Future Math Teachers' Teaching]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia - Information Technologies and Learning Tools*, 73(5), 48-66. <https://doi.org/10.33407/itlt.v73i5.2500>. (in Ukrainian).
11. Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)* (p. 458–472). Kryvyi Rih, Ukraine, December 18.
12. Semenikhina, O., Drushlyak, M. (2015). Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. *European Journal of Contemporary Education*, 11(1), 82-90.
13. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Bondarenko, Yu., Kondratiuk, S., & Dehtiarova, N. (2019). Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL –Technology, Education, Management, Informatics*, 8(1), 65-72. <https://doi.org/10.18421/TEM81-08>.
14. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Zigunova, I., & Budyanskiy, D. (2018). Geogebra as means of improving the quality of education. *Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2018): 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications* (May 14-17, 2018; Kyiv), (p.331-345), Kyiv.



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 10.31110/2413-1571-2022-034-2-008

UDC 519.21:378.2

РОЛЬ ВОЛОДІННЯ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ В ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ АКТУАРНОЇ ОСВІТИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Тетяна ФУРСЕНКО ✉

Київський національний економічний університет
 імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна
 tanya_kostylova@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7192-8867>

Юрій ДРУЗЬ

Київський національний економічний університет
 імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна
 y.m.druz@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8736-3629>

Галина ДРУЗЬ

Київський національний економічний університет
 імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна
 dgm2366@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8666-493X>

ENGLISH LANGUAGE PROFICIENCY IN ACTUARIAL EDUCATION QUALITY IMPROVEMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN UKRAINE

Tetiana FURSENKO ✉

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman,
 Kyiv, Ukraine
 tanya_kostylova@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7192-8867>

Jurii DRUZ

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman,
 Kyiv, Ukraine
 y.m.druz@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8736-3629>

Galyna DRUZ

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman,
 Kyiv, Ukraine
 dgm2366@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8666-493X>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Стаття є внеском у дискусію про важливість володіння англійською мовою для професії актуарія в сучасному глобалізованому світі. Враховуючи той факт, що система актуарної освіти в Україні зараз знаходиться на стадії становлення, а отже, значною мірою спирається на міжнародні стандарти, встановлені міжнародними актуарними організаціями, ми припускаємо, що англійська мова може бути ефективним інструментом професійного розвитку не лише для кваліфікованих спеціалістів, але й для актуаріїв-початківців. Дослідження має на меті виявити взаємозалежність між належним знаннями англійської мови, розвитком актуарної освіти в Україні та отриманням міжнародно визнаних актуарних сертифікатів майбутніми українськими спеціалістами, а також популяризацію професії актуарія в нашій країні.

Матеріали та методи. У даному дослідженні використовуються якісні методи педагогічного теоретичного аналізу (навчальних планів, законодавчих документів, наукових ресурсів) та спостереження, що ілюструють практику підготовки фахівців-актуаріїв України, а також аналіз внутрішніх звітів і документів міжнародних актуарних організацій; на основі синтезу педагогічних знань автори розробили практичні рекомендації щодо вдосконалення актуарної освіти в Україні.

Результати. Стаття є однією з перших комплексних спроб проаналізувати роль володіння англійською мовою в професійному розвитку актуаріїв-початківців в Україні та виробити практичні рекомендації з цього питання. На основі аналізу відповідних джерел ми виявили, що володіння англійською мовою може вивести актуарну професію та освіту в Україні на якісно новий рівень. Проте знання англійської мови не вважається пріоритетом на рівні національних освітніх норм і стандартів. Запропоновано можливі шляхи виходу з такої ситуації, націлені на покращення викладання англійської мови, співробітництва з міжнародними актуарними організаціями та формування психологічної готовності українських делегатів та професіоналів до публічного спілкування професійною англійською на зустрічах та івентах, організованих професійними об'єднаннями цих фахівців по всьому світу.

Висновки. Роль англійської компетенції для професіоналів-актуаріїв в Україні має бути пріоритетною, оскільки сама професія

ABSTRACT

Formulation of the problem. The paper is a contribution to the discussion of the importance of English proficiency for the actuarial profession in the present-day globalized world. Given the fact that the system of actuarial education in Ukraine is currently at the stage of its formation and hence relies greatly on the international standards set by actuarial organizations, we hypothesize that an English language is an effective tool of professional advancement not only for qualified professionals but also for aspiring actuaries. The study aims to investigate interdependencies between good English skills, the development of actuarial education in Ukraine, and attaining internationally recognized actuarial credentials by Ukrainian actuarial candidates as well as the promotion of the profession of an actuary in the country.

Materials and methods. The current research utilizes the qualitative methods of the pedagogical theoretical analysis (curricula, legislative documents, scientific resources) and observations illustrating the practice of actuarial professionals' training in Ukraine and as well as the analysis of international actuarial organizations' internal reports and documents; the authors also employ the synthesis of pedagogical knowledge to draw up some practical recommendations on the improvement of actuarial education in Ukraine.

Results. The paper is one of the first comprehensive attempts to analyze the role of English proficiency in aspiring actuaries' professional development in Ukraine and to work out some recommendations on the issue. Based on the analysis of the relevant sources we have identified that English mastery can bring the actuarial profession and education in Ukraine to a qualitatively new level. However, English skills are not considered to be a priority at the level of the national educational norms and regulations. We suggest that possible ways out are improved English instruction, cooperation with international actuarial organizations, and forming psychological readiness in delegates and professionals to speak professional English publicly.

Conclusion. The role of English competence for actuarial professionals in Ukraine should be prioritized since the profession itself is regulated by the international standards guiding particular eligibility criteria to be recognized by the word actuarial community as a qualified actuary worldwide. We believe that the proposed recommendations will improve actuarial professional education and the existing language training and will help to bring the profession in general to a qualitatively new level.

Для цитування:

Fursenko T., Druz Ju., Druz G. English language proficiency in actuarial education quality improvement: challenges and opportunities in Ukraine. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 50-54. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-008

Fursenko, T., Druz, Ju., & Druz, G. (2022). English language proficiency in actuarial education quality improvement: challenges and opportunities in Ukraine. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 50-54. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-008>

For citation:

Fursenko, T., Druz, Ju., & Druz, G. (2022). English language proficiency in actuarial education quality improvement: challenges and opportunities in Ukraine. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 50-54. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-008>

Fursenko, T., Druz, Ju., & Druz, G. (2022). English language proficiency in actuarial education quality improvement: challenges and opportunities in Ukraine. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 50-54. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-008>

регулюється міжнародними стандартами, які визначають, зокрема, критерії набуття статусу кваліфікованого актуарія у всьому світі. Вважаємо, що запропоновані рекомендації виведуть актуарну професійну підготовку, рівень володіння англійською та професію актуарія в цілому на якісно новий рівень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: актуарії; актуарна освіта; знання англійської мови; міжнародні актуарні організації; рекомендації.

KEYWORDS: actuaries; actuarial education; English proficiency; international actuarial organizations; recommendations.

INTRODUCTION

Transformational processes in the economic system of Ukraine and other developing countries are characterized by the transition from state control over the key areas of socio-economic life to the market mechanism. They involve reliance on free enterprise principles, market pricing, various forms of ownership of the means of production, competition, and contractual relations between economic entities. Despite the significant advantages of the market system involving flexibility, the ability to respond quickly to market needs, and, most importantly, economic freedom, it has several serious shortcomings including exposure to risks of different nature, bankruptcy threats, cyclical development, recessions, economic crises, and economic depressions. Developed countries in Europe, the United States, and Canada prepare some sort of a countermeasure in the labor market – actuarial professionals who can calculate reserves, insurance rates, and pension contributions providing financial stability and even the opportunity to make a profit during economic downturns using mathematical and statistical methods. Thus, we claim that qualified actuaries' training is a dictate of the times.

The analysis of the actuarial training system in Ukraine has shown some contradictions between the needs of the Ukrainian insurance market, its legal framework, and the number of actuaries which can be currently prepared by the domestic educational system; world qualification requirements for such specialists and their insufficient consideration in the national practice of attaining a qualified actuary status; inadequacy of the scientific-methodical, content and technological component of these specialists' training; availability of best practices, educational resources, educational trajectories and successful actuarial education experience in developed countries and Ukrainian aspiring actuaries' insufficient English competence for their acquisition and becoming a fully qualified actuary according to international requirements. The latter controversy and the role of English skills in actuaries' professional development are thoroughly addressed in the paper.

The current study follows the track of the previous research discussing the importance of English for businesses and typical problems encountered by non-native English speakers in the English-speaking environment (Harzing et. al, 2011; Fondo, 2019; Bellos, 2009; Louhiala-Salminen et. al, 2005; Poncini, 2003). However, we aim to analyze the role of English proficiency in the actuarial education system in Ukraine and the development of the profession in the country as well as to elaborate on some practical recommendations for addressing existing problems that are relatively uncovered issues in the scientific literature.

MATERIALS AND METHODS

The current research utilizes the qualitative methods of the pedagogical theoretical analysis (curricula, legislative documents, scientific resources) and observations illustrating the practice of actuarial professionals' training in Ukraine and as well as the analysis of international actuarial organizations' internal reports and documents reflecting their policy on the problem of linguistic challenges and barriers and possible ways of their mitigation. The synthesis of pedagogical knowledge was used to propose recommendations remedying the existing language-induced problems Ukrainian actuaries encounter now and then.

RESULTS AND DISCUSSION

The importance of a good command of the English language comes from the fact that actuarial education in Ukraine, as well as the insurance market in general, is in its infancy, so, for the time being, there are no sufficient practices to generalize them into powerful learning and teaching support kits – we have only ten years of experience in training such specialists at national universities (the specialty "Actuarial and Financial Mathematics" included into the field of knowledge 0402 Physics and Mathematics were first introduced under the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the approval of the list of specialties for higher educational institutions according to educational and qualification levels of a specialist and master" No.787 (2010). The constructive use of foreign experience and resources is currently an indispensable component of the national actuarial education system's functioning. Interactive learning can be considered the main means of forming necessary knowledge and skills in actuarial science – professional forums, webinars, seminars, online courses, thematic groups on social networks, etc. Foreign textbooks and manuals are no different. Most of these teaching aids are in English. Moreover, different English skills lead to ambiguity in the perception of information; a lack of Ukrainian students and practitioners' systematic and structured educational activities exacerbates the problem of the absence of Ukrainian equivalents for many insurance and financial terms. Therefore, the language factor at the present stage is generating many problems.

At the same time, the problem of quality Ukrainian-language content is recognized by leading experts in the field and educational providers as one of the key ones. In this aspect, we should consider the activities of the Probability Theory, Statistics, and Actuarial Mathematics Department of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, based on which the first actuaries in Ukraine were trained. This Department initiated the creation of the first video channel in Ukraine, where teachers, students, and graduates illustrated the areas and methods of actuarial and financial mathematics application as well as the specifics of actuarial professional activities. Besides, based on the Center for the Training of Actuaries and Financial Analysts based at the Faculty of Mechanics and Mathematics, instructors developed training modules for Ukrainian-language courses and technical exams of the British Institute and the Faculty of Actuaries (Zubchenko & Mishura, 2016). Moreover, the traditional Department's activities are the organization and holding of seminars, workshops, and training sessions. These steps are aimed at removing a language barrier by creating Ukrainian-language teaching materials, which, of course, is an achievement, but does not qualitatively change the situation.

In our opinion, a more productive way is to improve the quality of English language teaching to students. However, the analysis of the master's program curriculum in actuarial and financial mathematics at Taras Shevchenko National University of Kyiv (2016) revealed that as of 2016 no disciplines were providing English-language training for students, neither among elective nor among compulsory subjects. In our opinion, this situation is not acceptable and needs to be changed.

However, it should be noted that the lecturers of the Probability Theory, Statistics, and Actuarial Mathematics Department are certified according to the standards of the Institute of Actuaries of Great Britain (Zubchenko & Mishura, 2016) indicating a proper level of English skills. It can be a contributory factor to the creation of English-taught programs. It should be borne in mind that the most reputable professional associations that develop tasks and assess the level of actuarial candidates' knowledge, skills, and abilities are based in the UK and the US and use their native language – English. Accordingly, the language in which exams are taken and educational programs are drawn up in English.

According to V. Cherniakhovskiy, the chairman of the Insurance Commission of the Ukrainian Society of Financial Analysts, many actuaries insist on the introduction in Ukraine of a national system of preparation for exams examinations in the Ukrainian language. However, there emerge some difficulties. After all, exam questions, which are composed of actuaries according to the British system in Ukraine, are in English. "Of course, it is possible to translate them into Ukrainian or Russian, but in most cases, these are open-ended questions that require detailed answers, which as a result will still have to be translated into a foreign language" (Shcheglova, 2010).

The insufficient level of English can be a factor negatively influencing the actuarial credentialing and exam process. It results in lowering educational standards and creates obstacles for Ukrainian actuaries on their way to obtaining internationally recognized qualifications.

A positive factor is a tendency for key professional associations to realize the influence of English-language competence on the openness of the actuarial profession in a wider range of countries. In this regard, it is worth noting that experiments related to the translation of English test systems into other languages are being intensively implemented. The Institute and Faculty of Actuaries now offer exams in Hebrew in Israel, although they are taken in English worldwide. It means that Israeli students can answer exam questions in their native language and pass actuarial exams in such a way they are qualified as full members of the Israeli Institute of Actuaries. At the level of the local professional association, professional examinations are conducted following the instructions of the Institute and the Faculty of Actuaries. It is also possible to choose English for exams (International Actuarial Association, 2014). In this case, their answer sheets are evaluated by British examiners.

Similarly, the British Institute of Actuaries cooperates with certain local professional associations that use the ST9 exam of the British system to award the Chartered Enterprise Risk Actuary (CERA) designation (International Actuarial Association, 2014). Under such arrangements, the results of the examinations taken in local languages are recognized as those meeting eligibility requirements according to the local qualification procedures.

There are other examples of similar agreements. For instance, the Russian Guild of Actuaries uses materials issued by the Institute of Actuaries and translated into Russian for preparation for actuarial exams. Although the qualifying examinations are set by this local professional organization, they are composed in absolute correspondence with the examination tasks offered by the British Association in the previous years.

The US-based Society of Actuaries' examination tasks is available in French. They are targeted at the French-speaking population of Canada. In addition, these exams are used for actuarial credentialing by the China Association of Actuaries, so the exam tasks are also available in Chinese (International Actuarial Association, 2014).

Thus, some important steps have been taken to reduce the impact of poor English on the outcomes of qualifying examinations, as, ultimately, the English language, in this case, serves only as a means of reporting candidates' knowledge and skills and not as a professional competence to be evaluated.

However, if printed teaching aids can be translated, the situation is getting more complicated when it comes to participation in conferences and other events organized by professional actuarial associations that involve the use of English as a working language as a means of international communication.

The above point is confirmed by the extracts from the Actuarial Association of Europe's (also known as *Groupe Consultatif Actuariel Européen*) internal report illustrating some frustrating concerns expressed by participants from non-English speaking countries. "I was sitting in one of the IAA Committee meetings and listening to the discussion. Suddenly I thought that the meeting was missing an essential point and I started to plan an intervention. It took a few minutes to prepare myself, especially to find the right English words, etc., and suddenly I realized that the discussion had moved on to another subject" (Rogerson-Revell, 2007). And another difficult situation is "I was in the middle of an intervention talking about that interesting subject when in the middle of a sentence I realized that I had forgotten the correct English word to use" (Rogerson-Revell, 2007). These embarrassing examples will discourage non-native speakers from taking the floor and speaking publicly.

Moreover, non-native English speakers' negative emotional experiences caused by the lack of English proficiency may result in language-based anxiety leading to hostile stereotyping and miscommunication; negative psychological strategies of eschewing participation in a discussion, or even a selective choice of opponents based on their English skills; another option can be a switchback into a participant's native language bringing in discomfort and misunderstanding (Tenzer & Pudielko, 2013; Hinds et. al, 2014; Neeley et. al, 2012; Neeley, 2013; Harzing & Pudielko, 2013). Thus, the language barrier if not addressed properly can introduce inefficiencies impeding the effective exchange of views. In such a worst-case scenario, predominantly native English speakers' voices will be heard and mostly their views will be put forward in international meetings leaving all other member organizations in the minority which is not the case in terms of the number of members. In this case, the whole point of organizing such international events for the exchange of best practices and ideas and the strengthening of the actuarial profession worldwide is lost.

Considering possible remedies and solutions to these problems, we should focus on the experience of The International Actuarial Association. Its activities are characterized by openness and the promotion of the actuarial profession. It is reflected in the liberalization of the Association's language policy. Indicatively, the organization has developed the document "Participation

of Non-Native English Speakers and New Delegates in the Work of the IAA" (2014) setting out the recommendations for creating a favorable and friendly atmosphere at events hosted by it.

According to this document, the priority is to provide support to members and delegates for whom English is not a native language, especially if they are participating in certain events for the first time. After all, given the international nature of the organization, a key priority is the creation of such a working climate that will facilitate a free exchange of views and where all participants can interact on equal terms. Consequently, it is important to create the conditions for each delegate to have the opportunity to get their point across, to get feedback, even if communication does not take place in perfect English.

It is recognized that the English proficiency level of participants in meetings, congresses, and conferences can vary from an elementary command to an advanced level. In such a diversified linguistic context, slang and idioms, local accents and pronunciation, and vocal variations can pose a serious problem (Zanola, 2012). In addition, the authors of the document note that written speech is much easier to perceive because it gives a reader enough time to process information and the opportunity to use aids, such as translation software. Therefore, all the IAA's efforts are aimed at eliminating difficulties associated with the perception and understanding of oral speech in the direct communication process.

Given the fact that both native and non-native speakers participate in IAA activities, language practice is considered important for the latter. Immersion in the language environment is encouraged by a variety of means: even coffee and lunch breaks are seen as a great opportunity for direct communication, and language skills improvement, including speaking and listening. That is why there is always a 30-minute break between work sessions, which is usually used for communication among actuarial professionals.

The awareness of the importance of removing language barriers to understanding and effective exchange of experience is evidenced by the development of some recommendations for chairpersons, native speakers, and delegates who are pre-or intermediate users of English. Thus, native speakers are recommended:

- to reduce the rate of speech and to have a clear and loud voice; to use simple and widely used vocabulary;
- if possible, prepare a summary of what the speaker is going to talk about in writing (International Actuarial Association, 2014).

For non-native speakers, the recommendations can be grouped as follows:

- to familiarize themselves with all the Association's organizational and procedural documents and documentation related to the discussion topic;
 - to prepare notes, abstracts, keywords; it helps to structure thoughts and contributes to the logical order of presentation;
 - to rehearse a speech;
 - in case of unclear points, ask clarifying questions (International Actuarial Association, 2014).
- It is recommended for the chairperson of the meetings:
- before the meeting, ask non-native English speaking representatives of local actuarial associations about the aspects they are planning to deliver a speech on;
 - to use technical means – presentations and slides as visual aids to accompany their speech;
 - to use several techniques to facilitate perception and eliminate misunderstandings: informative document ciphers, page numbering, etc.;
 - to ensure equal participation of each delegate in a discussion;
 - to apply active listening techniques (International Actuarial Association, 2014).

Thus, the recommendations take into account two important aspects: a language factor and ethical norms of business communication. That is, contrary to popular belief that actuaries deal mostly with numbers, using a mathematics sign system that is universal and understandable to all nations, English-language competence cannot be treated as unnecessary. Language training is an important component of actuarial specialists' professionalism, as a high level of English skills is a prerequisite for successful passing of qualifying exams and further professional self-development.

At the same time, it should be noted that actuaries of non-English-speaking countries are not left unattended by actuarial professional associations set up by English native speakers on the way to developing their knowledge, skills, and abilities, as the main task of actuarial professional bodies is to develop and promote the profession around the world.

In this regard, considerable attention is paid to language policy based on the principles of tolerance, equality, and openness. In our opinion, such a strategy is focused on the successful implementation of actuarial organizations' goals. However, it is somewhat atypical for the modern world characterized by globalization and integration processes, where knowledge of English is perceived as a necessary minimum for international cooperation.

We would like to point out that a good command of English turns into one of the key professional competencies that a qualified actuary should have. This is primarily because the profession is becoming more and more global. Many actuaries work in a bunch of countries or work for multi-national companies and corporations. Given global internationalization trends, it will increasingly become true in the future. This means that the importance of soft skills reflected in several actuarial credentialing system modules should be now complemented by English mastery as it is a part of these professionals' communication skills enabling them to report the results of complicated technical and statistical calculations and their forecasts to a diversified audience.

In light of the above, we would also like to stress that good English writing and speaking skills are important for Ukrainian actuaries and actuarial candidates for attaining actuarial qualifications and becoming full members of international actuarial organizations – it serves as an instrument for enhancing their professional skill sets and contributes to the fact that the needs and challenges of the profession in Ukraine are heard internationally. However, English mastery is not a priority for the system of actuarial education in Ukraine. Most actuarial candidates and professionals are left on their own in a struggle to overcome linguistic challenges. Thus, we believe that the following recommendations will remedy the existing situation:

- strengthening foreign language instruction at universities for master's degree students; an introduction of foreign language and professionally oriented English courses as a compulsory subject or an elective; ensuring the appropriate number of credits for these classes to be taken by students twice a week (10-12 ECTS credits);
- collaboration with international actuarial organizations, education institutions offering actuarial programs, and multinational corporations employing actuaries to organize international internship programs for instructors and students supervised by experienced foreign actuaries as a valuable opportunity to gain practical experience;
- introduction of English language courses for actuarial professionals working for companies and government organizations as corporate clients;
- introduction of mindset training courses to mitigate negative emotions associated with the inability to speak perfect English as well as the so-called sensitivity training to increase self-awareness and the awareness of others;
- since the problem of having standardized Ukrainian equivalents for English actuarial and insurance terminology is quite acute today, this aspect requires the collaborative efforts of professionals in this field and domestic linguists – lexicographers.

CONCLUSIONS

The specificity of actuarial education in Ukraine lies in the fact that in our country it is an emerging field. Foreign experience and best practices could have enriched such specialists' professional training and actuarial practice bringing them closer to the internationally recognized standards. However, actuarial candidates, instructors, and professionals' lack of English proficiency creates an obstacle on the way to the successful adoption of developed countries' achievements in the field. Thus, Ukrainian actuaries' English skills need improvement. However, not much has been done to remedy the existing situation. In light of this, we single out key directions working towards which will possibly result in better English and its use as a tool to access the world's actuarial community. The proposed steps can be summarized as improved English instruction, cooperation with international actuarial organizations, and psychological readiness to speak professional English publicly.

REFERENCES

1. Harzing, A.-W., Köster, K., & Magner, U. (2011). Babel in business: The language barrier and its solutions in the HQ-subsidiary relationship. *Journal of World Business*, 46(3), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2010.07.005>.
2. Fondo, M. (2019). Foreign Language Anxiety. *Proceedings of the International Association for Business and Society*, 30, 82–97. <https://doi.org/10.5840/iabspoc20193011>.
3. Bellos, D. (2009). Jumping over the language barrier. *Language & Communication*, 29(4), 401–404. <https://doi.org/10.1016/j.langcom.2009.02.009>.
4. Louhiala-Salminen, L., Charles, M., & Kankaanranta, A. (2005). English as a lingua franca in Nordic Corporate Mergers: Two case companies. *English for Specific Purposes*, 24, 401–421. <https://doi.org/10.1016/j.esp.2005.02.003>.
5. Poncini, G. (2003). Multicultural business meetings and the role of languages other than English. *Journal of Intercultural Studies*, 24(1), 17–32. <https://doi.org/10.1080/07256860305790>.
6. Cabinet of Ministers of Ukraine. Resolution No.787. (2010, August). *On the approval of the list of specialties for higher educational institutions according to educational and qualification levels of a specialist and master*. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/787-2010-%D0%BF> (in Ukrainian).
7. Zubchenko, V. & Mishura, Ju. (2016). Standardization of actuarial and financial terminology. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series "Problems of Ukrainian terminology"*, 842, 59–64. (in Ukrainian).
8. Taras Shevchenko National University of Kyiv. (2016). *Curriculum for higher education students in the program Actuarial and Financial Mathematics*. Kyiv: KNU. (in Ukrainian).
9. Shcheglova, E. (2010). *Actuaries were approached with the utmost rigor*. <http://uainsur.com/massmedia/11349>.
10. International Actuarial Association. (2014). *Actuarial Education – alternative routes for new associations*. http://www.actuaries.org/CTTEES_AA/Documents/Education_paper
11. Rogerson-Revell, P. (2007). Using English for International Business: A European Case Study. *English for Specific Purposes*, 26, 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.esp.2005.12.004>.
12. Tenzer, H., & Pudelko, M. (2013). Leading across language barriers: strategies to mitigate negative language-induced emotions in MNCs. In *Best Paper Proceedings of the Academy of Management 73rd Annual Meeting*. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2015.05.006>.
13. Hinds, P. J., Neeley, T. B., & Cramton, C. D. (2014). Language as a lightning rod: Power contests, emotion regulation, and subgroup dynamics in global teams. *Journal of International Business Studies*, 45(5), 536–561. <https://doi.org/10.1057/jibs.2013.62>.
14. Neeley, T. B., Hinds, P. J., & Cramton, C. D. (2012). The (un) hidden turmoil of language in global collaboration. *Organizational Dynamics*, 41(3), 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2012.03.008>.
15. Neeley, T. B. (2013). Language matters: Status loss and achieved status distinctions in global organizations. *Organization Science*, 24(2), 476–497. <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0739>.
16. Harzing, A.-W., & Pudelko, M. (2013). Language competencies, policies and practices in multinational corporations: A comprehensive review and comparison of Anglophone, Asian, Continental European and Nordic MNCs. *Journal of World Business*, 48(1), 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2012.06.011>.
17. International Actuarial Association. (2014). *Participation of Non-Native English Speakers and New Delegates in the Work of the IAA*. http://www.actuaries.org/ABOUT/Documents/Participation_NonNative_English_Speakers_EN
18. Zanola, A. (2012). *Global English in International Business*. New Generation Publishing; Revised, New edition.



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Виходить з 2013.



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

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-034-2-009

УДК (378.147) [519.1+517.962]

ІНТЕГРАЦІЯ ЗМІСТУ ФАХОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ

Інна ШИШЕНКО ✉

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 shiinna@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-1026-5315>

Тетяна ЛУКАШОВА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 tanya.lukashova2015@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

INTEGRATION OF THE CONTENT OF PROFESSIONAL MATHEMATICAL DISCIPLINES IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Inna SHYSHENKO ✉

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 shiinna@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-1026-5315>

Tetiana LUKASHOVA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 tanya.lukashova2015@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Серед шляхів здійснення інтеграції змісту фахових математичних дисциплін у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики слід окремо виділити фундаменталізацію навчальних курсів лінійної алгебри та аналітичної геометрії, математичний аналіз та аналітична геометрія, диференціальна геометрія через розробку відповідних інтегрованих спеціальних курсів для майбутніх учителів математики.

Матеріали і методи. Системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури; порівняння та синтез теоретичних положень; узагальнення власного педагогічного досвіду та досвіду колег з інших закладів вищої освіти, деякі загально-математичні та спеціальні методи різникового числення.

Результати. У статті розглянуто можливості вивчення фахових математичних дисциплін у умовах інтеграції їх змісту у закладі вищої педагогічної освіти математичного профілю. Подання навчального матеріалу в різних навчальних курсах здебільшого не синхронізовано, оскільки їх викладають різні викладачі. Натомість майбутньому вчителю математики необхідно допомогти сформувати у власній свідомості певну систему зі змісту фахових дисциплін. Відповідно нами було розроблено спецсемінари для студентів фізико-математичного факультету ЗВО, в рамках яких кожен викладач намагався забезпечити міжпредметні зв'язки свого курсу з іншими. Узгодження змісту здійснювалося шляхом визначення споріднених і тотожних понять та їхніх дефініцій, послідовності введення первинних та залежних термінів, взаємних посилань у фахових математичних на зв'язки у навчальному матеріалі тощо.

Висновки. Формування знань бази навчання та інших складників системи навчання з урахуванням міждисциплінарних зв'язків, гармонізації змісту навчання та синхронізації процесу навчання в часі можливо реалізувати різними шляхами, зокрема через запровадження системи спецсемінарів для студентів фізико-математичних факультетів ЗВО. Інтеграція змісту навчання у на практичному рівні дає студентам найважливішу з педагогічної точки зору можливість: самостійно формувати особистісну систему знань, додавати нові відомості та формувати нові зв'язки в системі професійних компетентностей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: підготовка майбутніх учителів математики; фахові математичні дисципліни; професійна підготовка; інтеграція; зміст освіти.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Among the ways to integrate the content of professional mathematics disciplines in the training of future mathematics teachers should be singled out the fundamentalization of courses linear algebra and analytical geometry, mathematical analysis and analytical geometry, differential geometry through the development of integrated special courses for future teachers.

Materials and methods. System analysis of scientific, educational and methodical literature; comparison and synthesis of theoretical positions; generalization of own pedagogical experience and experience of colleagues from other institutions of higher education, some general mathematical and special methods of difference calculus.

Results. The article considers the possibilities of studying professional mathematical disciplines in terms of integration of their content in the institution of higher pedagogical education of mathematical profile. The presentation of educational material in different training courses is mostly out of sync, as they are taught by different teachers. Instead, the future teacher of mathematics must be helped to form in his own mind a certain system of content of professional disciplines. Accordingly, we have developed special seminars for students of the Faculty of Physics and Mathematics, in which each teacher tries to provide interdisciplinary links of his course with others. The content was harmonized by defining related and identical concepts and their definitions, the sequence of introduction of primary and dependent terms, mutual references in professional mathematics to connections in the educational material, and so on.

Conclusions. The formation of a knowledge base and other components of the learning system, taking into account interdisciplinary links, harmonization of learning content, and synchronization of the learning process over time can be implemented in various ways, including through the introduction of special seminars for students of physics and mathematics faculties. Integrating the content of education at the practical level gives students the most important opportunity from a pedagogical point of view: to independently form a personal knowledge system, add new information and form new connections in the system of professional competencies.

KEYWORDS: training of future teachers of mathematics; professional mathematical disciplines; professional training; integration; content of education.

ВСТУП

Постановка проблеми. Проблема диференціації та інтеграції в освіті є логічним наслідком процесів розвитку наукового знання, в якому диференціація змісту наук тісно пов'язана з його інтеграцією. Ці дві тенденції нерозривно пов'язані між собою, хоч і протилежні за своєю сутністю. Протягом останніх років, починаючи з кінця минулого століття,

Для цитування:

Шищенко І., Лукашова Т. Інтеграція змісту фахових математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 55-62. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-009
 Шищенко, І., & Лукашова, Т. (2022). Інтеграція змісту фахових математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 55-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-009>

For citation:

Shyshenko, I., & Lukashova, T. (2022). Integration of the content of professional mathematical disciplines in the professional training of future mathematics teachers. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 55-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-009>
 Shyshenko, I., & Lukashova, T. (2022). Intehratsiia zmistu fakhovykh matematychnykh dysyplin u profesiinii pidhotovtsi maibutnykh uchyteliv matematyky [Integration of the content of professional mathematical disciplines in the professional training of future mathematics teachers]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 55-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-009>

✉ Corresponding author

© I. Shyshenko, T. Lukashova, 2022

провідною тенденцією розвитку науки була диференціація, що одержало відображення в існуючій предметній системі навчання, зокрема в системі вищої освіти. Нині в системі освіти усе більшої актуальності набувають ідеї STEM-освіти (Jacobs, Seago, & Koellner, 2017), відповідно починає домінувати ідея інтеграції змісту освіти. Ця тенденція також знайшла своє відображення і в системі професійної підготовки.

З метою здійснення ефективної інтеграції змісту фахових математичних дисциплін у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики слід комплексно формувати цілі навчання, здійснювати відбір змісту у різних фахових дисциплінах, методичну та дидактичну підтримку цього процесу, визначати послідовність навчального матеріалу, враховувати рівень мотивації, та пізнавального інтересу майбутніх учителів математики (Koellner & Jacobs, 2015). Серед шляхів здійснення інтеграції змісту фахових математичних дисциплін у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики слід окремо виділити фундаменталізацію навчальних курсів лінійна алгебра та аналітична геометрія, математичний аналіз та аналітична геометрія, диференціальна геометрія через розробку відповідних інтегрованих спецкурсів для майбутніх учителів математики.

Таким чином, інтеграція змісту фахових математичних дисциплін у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики через міжпредметні інтеграційні спецкурси з урахуванням професійної спрямованості навчання має забезпечити підвищення якості вищої педагогічної математичної освіти.

Аналіз актуальних досліджень. Дослідники вважають, що ідея інтеграції змісту освіти не є новим явищем у вітчизняній та закордонній педагогіці. Слід згадати природничий курс мислення В. Сухомлинського, курс мистецтва Д. Ковалевського та Б. Юсова та теорію кооперативного навчання Ш. Амонашвілі, які базуються на ці принципи інтеграції. До сучасних дослідників, які займаються цією проблемою, належать Т. Браже, О. Гільзова, М. Масол, О. Савченко, Н. Сердюкова, О. Сухаревська, В. Фоменко, М. Іванчук та ін. Актуальність пошуку оптимального способу інтеграції, особливо змісту математичної освітньої галузі, посилюється також предметною переважаністю, необхідністю формування загального світогляду у взаємозв'язку його елементів. Формування такого методу злиття в процесі педагогічної математичної освіти, що враховує всі основні етапи, функції, аспекти та чинники цього різноманітного педагогічного явища, є сьогодні надзвичайно важливим. На цьому етапі на практиці реалізовано окремі елементи інтегрованого підходу до організації освітнього процесу професійної підготовки майбутніх учителів математики. Практикою доведено, що комплексне навчання сприяє формуванню професійної компетентності майбутніх учителів математики відповідно до конкретних навчальних завдань, які ставить професія перед вчителем математики.

Методологічні ідеї інтеграції змісту навчальних дисциплін висвітлено в працях С. Гончаренка, О. Дубинчук, І. Ковпак (2013), Ю. Козловського (2018), М. Лазарева (2009), О. Сергєєва, В. Сидоренка та ін. Генезу становлення сучасного інтегративного підходу до формування змісту вищої освіти в Україні можна відслідковувати, розпочинаючи з досліджень М. Лазарева (2009). Автором актуалізовано проблему дублювання змісту навчання й неефективного його використання. Змістова інтеграція фахових математичних навчальних дисциплін, курсів надає можливість повноцінно використовувати сучасні інформаційні технології, що забезпечує студентам можливість навчатися й діяти в умовах звичного для них сучасного інформаційного середовища.

У наукових дослідженнях доведено доцільність та ефективність застосування інтегративного підходу до формування змісту навчання (Бех та ін., 2020; Марусинець, 2006; Чхало, 2018), проте малодослідженими залишаються ідеї інтеграції змісту фахових математичних дисциплін у професійній підготовці майбутніх учителів математики засобами спецкурсів.

Мета статті: розглянути можливості вивчення фахових математичних дисциплін в умовах інтеграції їх змісту у закладі вищої педагогічної освіти математичного профілю.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті використано наступні теоретичні та емпіричні методи досліджень: системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури; порівняння та синтез теоретичних положень, розкритих в науковій та навчальній літературі; узагальнення власного педагогічного досвіду та досвіду колег з інших закладів вищої освіти. Окрім того, були використані деякі загально математичні та спеціальні методи різницевого числення.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Професійна підготовка майбутніх учителів математики не може бути повноцінною та ефективною, якщо фахові математичні дисципліни викладаються без урахування їх наукового та методичного взаємозв'язку. Це вимагає правильного розташування курсів у навчальному плані, узгодження певних понять, термінології та позначень, а також урахування того, які ідеї, методи та факти одних дисциплін необхідні при вивченні інших. Можна відзначити низку неузгодженостей у структурі освітнього процесу майбутніх учителів математики: порушення наступності понять, що вивчаються, дублювання одного і того ж навчального матеріалу тощо. Проте майбутній учитель математики має добре бачити і розуміти наявність глибоких методологічних і змістовних взаємозв'язків, що існують між математичними курсами, що викладаються, насамперед, між класичною «безперервною» математикою та дискретною.

Нині в умовах дистанційного навчання та використання системи Moodle без застосування інтегративного підходу складається ситуація, за якої студент фізико-математичного факультету педагогічного ЗВО одночасно вивчає кілька різних дисциплін, зміст яких у його віртуальному кабінеті не лише розміщено ізольовано, а й містить повтори та дублювання навчального матеріалу. Окрім того, одні й ті самі величини у різних курсах позначаються різними символами, що ускладнює їх ідентифікацію. Подання навчального матеріалу в різних навчальних курсах здебільшого не синхронізовано, оскільки їх викладають різні викладачі. Натомість майбутньому вчителю математики необхідно допомогти сформувати у власній свідомості певну систему зі змісту фахових дисциплін.

На нашу думку, зміст фахової підготовки майбутніх вчителів фізико-математичних спеціальностей має бути скореговано. Важливою умовою формування професійної компетентності майбутнього вчителя математики є засвоєння

ним фундаментальних математичних дисциплін. При цьому слід звернути особливу увагу на формування цілісної системи математичних знань студентів. З іншого боку, існуючий розподіл навчальних математичних знань за дисциплінами є необхідним, оскільки таким розділенням досягається поглиблене розуміння окремих сторін математики. Лінійна форма вивчення матеріалу основних математичних курсів, коли кожна тема вивчається лише один раз, недостатній аналіз міжпредметних зв'язків призводить до того, що, маючи у пам'яті достатню кількість означень і формул, студенти не спроможні усвідомлено і аргументовано «дістати з пам'яті» і використати цю інформацію при розв'язуванні задач навіть шкільного типу. Інакше кажучи, у них не сформована міжпредметна методологія розв'язування задач, особливо тих, які потребують побудови математичної моделі. У зв'язку з цим повноцінна математична освіта, і як кінцева мета, формування професійної компетентності майбутнього вчителя математики, має завершуватись вивченням узагальнюючих та систематизуючих курсів або спецкурсів, які сприятимуть встановленню міждисциплінарних зв'язків університетських математичних курсів, систематизації знань та навичок, отриманих при їх вивченні, розвитку у студентів умінь визначати взаємозв'язки між елементами змісту в межах як однієї математичної дисципліни, так і в межах споріднених дисциплін тощо. Відповідно нами було розроблено спецсемінари «Вибрані питання математики» для студентів 4 курсу фізико-математичного факультету ЗВО, в рамках яких кожен викладач намагається забезпечити міжпредметні зв'язки свого курсу з іншими. Узгодження змісту здійснювалося шляхом визначення споріднених і тотожних понять та їхніх дефініцій, послідовності введення первинних та залежних термінів, взаємних посилань у фахових математичних на зв'язки у навчальному матеріалі тощо.

Метою розробки спецкурсу є систематизація знань студентів на основі загальних математичних і логічних ідей, які покладено в основу сучасного курсу математики. Його основними завданнями є:

- 1) проаналізувати фахові математичні курси з точки зору фундаментальних математичних ідей: множина, відповідність, відображення, відношення, математична структура, алгебраїчна операція тощо;
- 2) показати розвиток понять числа, функції, величини, алгоритму, фігури, які відіграють важливу роль у курсі сучасної математики ;
- 3) розкрити роль і місце найважливіших понять сучасної математики в шкільному курсі;
- 4) вчити встановлювати зв'язки між різними розділами математики та відображених у них фундаментальних математичних понять.

Наприклад, досить часто в математиці виникають задачі, в яких вимагається знайти суму членів деякої послідовності (скінченної чи нескінченної). Такі задачі зустрічаються чи не в кожному розділі математики: лінійній алгебрі, аналітичній геометрії, алгебрі та теорії чисел, математичному аналізі, теорії рядів, теорії диференціальних рівнянь, дискретній математиці, теорії ймовірностей, що зайвий раз підтверджує слова Д. Кнута (1998) про те, що «суми всюди». Відповідно нами розглянуто спецсемінар, в рамках якого було об'єднано навчальний матеріал з курсів математичного аналізу, елементарної математики, алгебри та дискретної математики.

У якості прикладу розглянемо суму квадратів n перших натуральних чисел:

$$\sum_{k=1}^n k^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2. \quad (1)$$

Значення цієї суми добре відоме:

$$\sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

і наводиться у багатьох посібниках з елементарної математики (див., наприклад, Прасолов, 2007, с.118). Довести її нескладно, використовуючи метод математичної індукції. Зовсім інша справа – встановити вказану формулу.

Далі будемо розглядати *алгебраїчні методи* обчислення суми (1), що, з одного боку, базуються на тотожних перетвореннях цілих виразів, а з іншого – на властивостях скінченних сум.

Позначимо $S_n = \sum_{k=1}^n k^2$ і скористаємося тотожністю

$$(k+1)^3 = k^3 + 3k^2 + 3k + 1. \quad (2)$$

Підставимо в (2) значення $k=1, 2, \dots, k$ і додамо отримані рівності:

$$2^3 = 1^3 + 3 + 3 + 1$$

$$3^3 = 2^3 + 3 \cdot 2 + 3 \cdot 2 + 1$$

$$\dots$$

$$(n+1)^3 = n^3 + 3n^2 + 3n + 1.$$

Скоротивши в обох частинах суми кубів, дістанемо:

$$(n+1)^3 = 1 + 3 \sum_{k=1}^n k^2 + 3 \sum_{k=1}^n k + n$$

Тоді

$$3S_n = (n+1)^3 - \frac{3n(1+n)}{2} - (n+1) = \frac{(1+n)(2(n+1)^2 - 2 - 3n)}{2} = \frac{n(1+n)(2n+1)}{2}.$$

$$\text{Отже, } S_n = \frac{n(1+n)(2n+1)}{6}.$$

Схожа ідея застосовується і у наступному методі, але акцент робиться саме на властивості скінченних сум.

Позначимо $s_n = \sum_{k=1}^n k^3$. Тоді

$$s_{n+1} = s_n + (n+1)^3 = \sum_{k=1}^n k^3 + (n+1)^3 = \sum_{k=1}^n (k+1)^3$$

або

$$s_{n+1} = \sum_{k=1}^n (k^3 + 3k^2 + 3k + 1) = \sum_{k=1}^n k^3 + 3 \sum_{k=1}^n k^2 + 3 \sum_{k=1}^n k + n.$$

Підставимо у цю рівність $s_n = \sum_{k=1}^n k^3$, $S_n = \sum_{k=1}^n k^2$ і $\sum_{k=1}^n k = \frac{n(1+n)}{2}$. Одержимо:

58

коефіцієнти A і D , використовуючи метод невизначених коефіцієнтів.

3) Записуємо загальний розв'язок даного неоднорідного співвідношення у вигляді (7).

Проілюструємо вказаний метод на прикладі обчислення суми $S_n = \sum_{k=1}^n k^2$.

Йй відповідає рекурентне співвідношення (5):

$$S_{n+1} = S_n + (n+1)^2, \quad \text{де } S_1 = 1.$$

Однорідне співвідношення, яке відповідає (5), має вигляд $S_{n+1} = S_n$. Характеристичне рівняння $\lambda = 1$. Отже, загальний розв'язок однорідного співвідношення запишемо у вигляді:

$$S_n^* = C \cdot 1^n = C.$$

Функція $f(n) = (n+1)^2 = (n^2 + 2n + 1) \cdot 1^n$, причому $b = 1$ – корінь характеристичного рівняння кратності 1. Тому $q_n = An^3 + Bn^2 + Dn$. Підставимо q_n замість S_n у (5):

$$A(n+1)^3 + B(n+1)^2 + D(+1)n = An^3 + Bn^2 + Dn + (n+1)^2.$$

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових степенях змінної, одержимо:

$$\begin{cases} B = -3A + B + 1 \\ D = 3A - 2B + D, \text{ звідки} \\ 0 = -A + B - D \end{cases} \begin{cases} A = \frac{1}{3} \\ B = \frac{1}{2} \\ D = \frac{1}{6} \end{cases} \quad q_n = \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n.$$

За (7) загальний розв'язок співвідношення (5) має вигляд $S_n = S_n^* + q_n$, тобто

$$S_n = C + \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n.$$

Знайдемо тепер значення константи C , використовуючи умову: $S_1 = 1$:

$$1 = C + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6},$$

звідки C і $S_n = \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n = \frac{n(n+1)(1+2n)}{6}$.

Зазначимо, що співвідношення (5) можна звести до однорідного, виписавши з рекурентного співвідношення (5) відповідні рівності S_n, S_{n-1}, S_{n+1} і S_{n+2} та виключивши неоднорідність. Дістанемо *однорідне співвідношення*

$$S_{n+2} = 4S_{n+1} - 6S_n + 4S_{n-1} - S_{n-2}, \quad (10)$$

з характеристичним рівнянням $\lambda^4 = 4\lambda^3 - 6\lambda^2 + 4\lambda - 1$. Воно має кратний корінь $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = 1$, звідки за формулою (9) отримуємо загальний розв'язок співвідношення (10):

$$S_n = C_1 n^3 + C_2 n^2 + C_3 n + C_4.$$

Знаходимо значення констант, виходячи із початкових значень: $S_0 = 0, S_1 = 1, S_2 = 5, S_3 = 14$. Остаточно, $C_4 = 0, C_3 = \frac{1}{6}, C_2 = \frac{1}{2}, C_1 = \frac{1}{3}$ і $S_n = \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n$.

Наступний метод, який дає дискретна математика – застосування антирізниць, які є дискретними аналогами первісної функції. Нагадаємо, що *антирізницевою функцією для функції $f(x)$* називається функція $F(x)$ така, що

$$\Delta F(x) = f(x),$$

де $\Delta F(x) = F(x+1) - F(x)$ – скінченна різниця першого роду [2, с. 84].

Антирізницевою функцією (антирізницю) для функції $f(x)$ позначають $\Delta^{-1}f(x)$ або $\Delta^{-1}f$, а оператор переходу від функції $f(x)$ до функції $F(x)$ називають *антирізницевою* (Волков & Войналович, 2000). Значення антирізницевого оператора (як і значення його неперервного аналога – невизначеного інтеграла) визначається неоднозначно: якщо $F_1(x)$ і $F_2(x)$ дві антирізниці, то $F_1(x) - F_2(x) = C(x)$, де $C(x)$ – довільна періодична функція з періодом $T=1$.

Наприклад, $\Delta^{-1}2^x = 2^x + C(x)$, де $C(x)$ – періодична функція з періодом 1, оскільки

$$\Delta(2^x + C(x)) = (2^{x+1} + C(x+1)) - (2^x + C(x)) = 2^x(2-1) = 2^x.$$

Аналогічно, використовуючи означення скінченної різниці та антирізниці, неважко переконатися, що

$$\Delta^{-1}x = \frac{x(x-1)}{2} + C(x) = \frac{x^{(2)}}{2} + C(x)$$

(в останній рівності символом $x^{(n)}$ позначено так званий *узгаальнений степінь*

$$x^{(n)} = x(x-1)(x-2) \dots (x-n+1).$$

Відповідно,

$$\Delta^{-1}x^{(n)} = \frac{x^{(n+1)}}{n+1} + C(x), \quad n \neq -1. \quad (11)$$

Наведемо кілька властивостей антирізниць, які неважко довести, виходячи з означень різничевої та антирізницевої функцій:

1. $\Delta^{-1}f(x) = F(x) + C(x)$, $C(x)$ – періодична функція, $T=1$;
2. $\Delta^{-1}cf = c\Delta^{-1}f$;
3. $\Delta^{-1}(f+g) = \Delta^{-1}f + \Delta^{-1}g$.
4. Якщо $\Delta^{-1}f(x) = F(x)$, то

$$\sum_{k=m}^{n-1} f(x) = F(x)|_m^n = F(n) - F(m).$$

Наведена вище формула є дискретним аналогом формули Ньютона-Лейбніца.

5. $\sum_{x=1}^{n-1} f\Delta g = f \cdot g|_1^n - \sum_{k=1}^{n-1} g(x+1)\Delta f$.

Останню властивість називають *перетворенням Абеля* (Волков & Войналович, 2000). Вона є дискретним аналогом формули інтегрування частинами.

Зазначимо, що наведені вище властивості 4 і 5 антирізницевого оператора широко використовуються для знаходження скінченних сум. Проілюструємо застосування властивості 4 для знаходження суми

$$S_n = 1 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + n^2.$$

Позначимо $f(x) = x^2$ та знайдемо її антирізницю. Для цього запишемо x^2 у вигляді узагальненого степеня: $x^2 = x(x-1) + x = x^{(2)} + x^{(1)}$. Тоді за формулою (11) маємо:

$$F(x) = \Delta^{-1}x^2 = \Delta^{-1}(x^{(2)} + x^{(1)}) = \frac{1}{3}x^{(3)} + \frac{1}{2}x^{(2)} = \frac{1}{3}x(x-1)(x-2) + \frac{1}{2}x(x-1) = \frac{1}{6}x(x-1)(2x-1).$$

Далі за властивістю 4

$$S_n = \sum_{k=1}^n k^2 = \frac{1}{6}k(k-1)(2k-1)|_1^{n+1} = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1).$$

Приклади використання властивості 5 можна знайти, наприклад у (Волков & Войналович, 2000).

Зазначимо також, що перехід від многочлена x^n до узагальненого степеня можна здійснити безпосередньо:

$$x^n = \sum_{k=0}^n S(n, k)x^{(k)}$$

де $S(n, k)$ – числа Стірлінга другого роду, які широко використовуються в дискретній математиці і визначаються рекурентно (Андерсон, 2004):

$$S(n+1, k) = S(n, k-1) + k S(n, k) \text{ і } S(n, 0) = 0 \text{ при } n > 0, S(1, 1) = 1.$$

Це дає можливість обчислювати степеневі суми послідовних натуральних чисел:

$$1^m + 2^m + \dots + n^m = \sum_{k=0}^m S(m, k) \frac{(n+1)^{(k+1)}}{k+1}.$$

При $m = 2$ будемо мати:

$$1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \sum_{k=0}^2 S(2, k) \frac{(n+1)^{(k+1)}}{k+1},$$

тобто

$$\begin{aligned} 1^2 + 2^2 + \dots + n^2 &= S(2, 0) \frac{(n+1)^{(1)}}{1} + S(2, 1) \frac{(n+1)^{(2)}}{2} + S(2, 2) \frac{(n+1)^{(3)}}{3} = \\ &= \frac{(n+1)n}{2} + \frac{(n+1)n(n-1)}{3} = \frac{(n+1)n(3+2n-2)}{6} = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1). \end{aligned}$$

Зазначимо, що для обчислення суми $S_n = \sum_{k=1}^n k^2$ можна також застосувати многочлени (та числа) Бернуллі (Ушаков, 2006) та апарат твірних функцій (Ядренко, 2004), які широко використовуються у комбінаторному аналізі.

Вагому роль також відіграють класичні методи комбінаторного аналізу та різницевого числення. Тому, вивченню відповідних питань корисно приділяти окрему увагу як при вивченні базового курсу дискретної математики, так і в окремих спецкурсах та на заняттях математичного гуртка.

ОБГОВОРЕННЯ

Провідною тенденцією осучаснення і вдосконалення змісту освіти С. У. Гончаренко називає його гуманітаризацію, що передбачає: «...інтеграцію різномірних знань про людину, її мислення, про природу і суспільство, одержаних при вивченні різних навчальних предметів, у єдину наукову картину світу» (Колеснікова, 2011). Інтеграція є важливою умовою загального розвитку сучасної науки і цивілізації (Bass & Ball, 2018). Адже наукове мислення на сучасному етапі все більше схильне розглядати не окремі, ізольовані об'єкти, життєві явища, а їх більш-менш розгалужену єдність. Тож: «інтеграція - вимога об'єднання у ціле якихось частин чи елементів, вважається необхідним дидактичним засобом, за допомогою якого можливо створити в учнів цілісну картину світу» (Большакова, 2012). Поняття «інтеграція» має універсальне наукове значення і часто використовується в навчанні. У загальнонауковому аспекті: «інтеграція – це процес взаємопроникнення, ущільнення, уніфікації знання, який проявляється через єдність з протилежним йому процесом розчленування, розмежування, диференціації, процес, який об'єктивно детермінується взаємопроникненням різних видів і компонентів матеріальної і духовної діяльності людей, а в своїх найглибших основах – матеріальною єдністю світу, всезагальним зв'язком, ізоморфізмом структур в якісно різноманітних об'єктах» (Бех та ін., 2020).

Наше дослідження узгоджується з головними положеннями дослідників (Borko & et al., 2014; Forgasz, 2006; Inglis & Foster, 2018) ідей інтеграції фундаментальних дисциплін у змісті професійної підготовки майбутніх учителів математики. При впровадженні розробленого нами спецкурсу досить широко прослідковується міждисциплінарні зв'язки між різними розділами математики: математичним аналізом, геометрією, алгеброю, дискретною математикою, теорією ймовірностей. Також вдосконалення змісту передбачає модифікацію робочих програм, розробку або оновлення навчально-методичних комплексів фундаментальних математичних дисциплін на основі принципу професійної спрямованості у контексті збільшення ваги питань шкільного курсу математики та перерозподілу змісту аудиторних лекцій та відео-лекцій з фундаментальних математичних дисциплін.

Загалом область досліджень інтеграції фундаментальних дисциплін охоплює всі рівні вищої освіти, у тому числі перший бакалаврський, та передбачає інтеграцію предметів, які мають найбільшу увагу: алгебру, доведення, обчислення, технології, геометрія та моделювання. Сильний акцент досліджувана нами проблема має у роботах, пов'язаних з вирішенням проблеми підвищення кваліфікації вчителів, оновленням навчальних планів (Cancino & et al., 2017; Drijvers & et al., 2020; Schoenfeld, 2016).

На наш погляд, необхідним для забезпечення ефективної інтеграції фундаментальних дисциплін у змісті професійної підготовки майбутніх учителів математики є впровадження діяльнісного підходу, оскільки саме цей підхід дозволяє студентам освоїти способи дій їхньої майбутньої професійної діяльності. Крім того, для ефективної організації міждисциплінарної інтеграції необхідно органічне поєднання різних форм та методів навчальної діяльності, а також використання можливостей таких засобів початкової діяльності, як хмарні технології, система Moodle, системи комп'ютерної математики на базі діяльнісного підходу (Das, 2019; Drushlyak & et al., 2020; Fedorenko & Botuzova, 2020; Lesseig & et al., 2016). Це має забезпечити високий рівень формування професійної компетентності майбутніх учителів математики, їх здатності і готовності застосовувати отримані знання, вміння та навички при вирішенні професійно спрямованих та міждисциплінарних завдань (Gallagher & et al., 2020; Gravemeijer & et al., 2017; Shen & Ho, 2020).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Важливим результатом виконаного дослідження освітнього процесу можна вважати висновок щодо можливості формування у майбутніх учителів математики інтегрованого комплексу професійно спрямованих знань, який можна характеризувати як базу професійної компетентності шляхом запровадження в освітній процес інновацій, заснованих на створенні інтегрованого навчального середовища.

Формування знаннєвої бази навчання та інших складників системи навчання з урахуванням міждисциплінарних зв'язків, гармонізації змісту навчання та синхронізації процесу навчання в часі можливо реалізувати різними шляхами, зокрема через запровадження системи спецсемінів для студентів фізико-математичних факультетів ЗВО. Інтеграція змісту навчання у на практичному рівні дає студентам найважливішу з педагогічної точки зору можливість: самостійно формувати особистісну систему знань, додавати нові відомості та формувати нові зв'язки в системі професійних компетентностей.

Перспективи дослідження полягають у подальшому розробленні забезпечення освітнього процесу майбутніх учителів математики через інтегрування змісту освітнього процесу засобами сучасних інформаційних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андерсон, Дж. А. (2004). *Дискретная математика и комбинаторика*. Вильямс.
2. Бех, І. Д., Козловський, Ю. М., & Марусинець, М. М. (2020). Інтеграція змісту навчання природничо-математичних дисциплін засобами хмарних технологій у віртуальному середовищі закладу вищої освіти технічного профілю. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 76(2), 70-83.
3. Большакова, І. О. (2012). Підготовка вчителя початкової школи до інтегрованого навчання молодших школярів в Україні (кін. ХХ—поч. ХХІ ст.). *Наукові записки НДУ ім. М. Гоголя. Психолого-педагогічні науки*, 3, 147-149.
4. Волков, Ю. І., & Войналович, Н. М. (2000). *Элементы дискретной математики*. Кіровоград.
5. Грэхем, Р., Кнут, Д., & Паташник, О. (1998). *Конкретная математика. Основания информатики*. Мир.
6. Ковпак, І. О. (2013). *Педагогічні засади проектування міждисциплінарної технології навчання у підготовці викладачів педагогіки*. [Дис. канд. пед. наук. НАПН України]. Київ.
7. Козловський, Ю. М. (2018). *Інтеграційні процеси в професійній освіті: методологія, теорія, методики*. Вид-во Львівської політехніки.
8. Колеснікова, С. М. (2011). Інтеграція як дидактичний засіб оновлення змісту освіти в початкових класах. *Педагогічний дискурс*, 9, 173-176.
9. Лазарєв, М. І., Рубан, Н. П., & Лазарєва, Т. А. (2009). *Теоретичні та методичні засади креативного навчання студентів технічних дисциплін*: монографія. Ліхтар.
10. Марусинець, М. М. (2006). Методологічні аспекти вдосконалення змісту вищої педагогічної освіти. *Педагогіка*, 9, 248-253.
11. Прасолов, В. В. (2007). *Задачи по алгебре, арифметике и анализу*. МЦНПО.
12. Страх, О. П., & Лукашова, Т. Д. (2021). Міждисциплінарні зв'язки при вивченні деяких тем дискретної математики та диференціальних рівнянь. *Фізико-математична освіта*, 3 (29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>.
13. Ушаков, Р. П. (2006). *Знаходження скінченних сум*. Основа.
14. Чхало, О. М. (2018). *Застосування технології BYOD в освітньому процесі аналітичної хімії. Комп'ютер у школі та сім'ї*, 3, 10-16.
15. Ядренко, М. Й. (2004). *Дискретна математика*. МП «ТБІМС».
16. Bass, H., & Ball, D. L. (2018). Review of does mathematical study develop logical thinking? Testing the theory of formal discipline. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 4(3), 442-447. <https://doi.org/10.1007/s40753-018-0076-7>.
17. Borko, H., Koellner, K., & Jacobs, J. (2014). Examining novice teacher leaders' facilitation of mathematics professional development. *Journal of Mathematical Behavior*, 33, 149–167.
18. Cancino, C. A., Merigó, J. M., & Coronado, F. C. (2017). A bibliometric analysis of leading universities in innovation research. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(3), 106-124. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.03.006>.
19. Das, K. (2019). Role of ICT for Better Mathematics Teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7 (4), 9-28.
20. Drijvers, P., Grauwin, S. & Trouche, L. (2020). When bibliometrics met mathematics education research: the case of instrumental orchestration. *International Journal on Mathematics Education*, 52, 1455-1469. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01169-3>.
21. Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education* (CTE 2020). Kryvyi Rih, Ukraine.
22. Fedorenko, O. H., & Botuzova, Yu. V. (2020). Experience of using ICT tools for teaching mathematical analysis of future teachers of mathematics. *Information Technologies and Teaching Aids*, 75 (1), 153–169. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.2530>.
23. Forgasz, H. (2006). Teachers, equity, and computers for secondary mathematics learning. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9, 437–469. <https://doi.org/10.1007/s10857-006-9014-8>.
24. Gallagher, M. A., Parsons, S. A. & Vaughn M. (2022) Adaptive teaching in mathematics: a review of the literature. *Educational Review*, 74(2), 298-320, <https://doi.org/10.1080/00131911.2020.1722065>.
25. Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F.-L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Mathematics and Science Education*, 15, 105-123. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>.
26. Jacobs, J., Seago, N., & Koellner, K. (2017). Preparing facilitators to use and adapt mathematics professional development materials productively. *International Journal of STEM Education*, 4, 30. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0089-9>.
27. Inglis, M., & Foster, C. (2018). Five decades of mathematics education research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 462-500. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.49.4.0462>.
28. Koellner, K., & Jacobs, J. (2015). Distinguishing models of professional development: the case of an adaptive model's impact on teachers' knowledge, instruction, and student achievement. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 51–67.
29. Lesseig, K., Elliott, R., Kazemi, E., Kelley-Petersen, M., Campbell, M., Mumme, J., & Carroll, C. (2016). Leader noticing of facilitation in videocases of mathematics professional development. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10857-016-9346-y/fulltext.html>
30. Schoenfeld, A. H. (2016). Research in mathematics education. *Review of Research in Education*, 40(1), 497-528. <https://doi.org/10.3102/0091732X16658650>
31. Shen, C., & Ho, J. (2020). Technology-enhanced learning in higher education: A bibliometric analysis with latent semantic approach. *Computers in Human Behavior*, 104, 106177. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106177>.

REFERENCES (TRANSLATED AND transliterated)

- Anderson, J.A. (2004). Diskretnaya matematika i kombinatorika [*Discrete Mathematics with Combinatorics*]. Ed. house "Williams". (in Russian).
- Bekh, I.D., Kozlovsky, Y.M., & Marusnets, M.M. (2020). Intehratsiya zmistu navchannya pryrodnycho-matematychnykh dysyplin zasobamy khmarnykh tekhnolohiy u virtual'nomu seredovyschi zakladu vyshchoyi osvity tekhnichnoho profilyu [Integration of the content of teaching natural and mathematical disciplines by means of cloud technologies in the virtual environment of the institution of higher education of technical profile]. *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannya – Information Technology and Teaching Aids*, 76, 2, 70-83. (in Ukrainian).
- Bolshakova, I.O. (2012). Pidhotovka vchytelya pochatkovoyi shkoly do inteirovanoho navchannya molodshykh shkoliariv v Ukraini [Preparation of primary school teachers for integrated education of primary school students in Ukraine (late XX-early XXI century)]. *Naukovi zapysky NDU im. M. Hoholya. Psykholoho-pedahohichni nauky – Scientific notes of NDU named after M. Gogol. Psychological and Pedagogical Sciences*, 3, 147-149. (in Ukrainian).
- Volkov, Y.I., & Voynalovich, N.M. (2000). *Elementy diskretnoyi matematyky [Elements of discrete mathematics]*. Kyiv. (in Ukrainian).
- Graham, R., Knut, D., & Patashnick, O. (1998). *Konkretnaya matematika. Osnovaniya informatiki [Concrete mathematics. Foundations of computer science]*. Mir. (in Russian).
- Kovpak, I. O. (2013). Pedahohichni zasady proektuvannya mizhdysyplinarnoyi tekhnolohiyi navchannya u pidhotovtsi vykladachiv pedahohiky [Pedagogical principals for designing the interdisciplinary educational technology in training teachers for pedagogics]. PhD thesis, Pedagogical Sciences, NAPN of Ukraine, Kyiv. (in Ukrainian).
- Kozlovsky, Yu. M. (2018). *Intehratsiyni protsesy v profesiyniyi osviti: metodolohiya, teoriya, metodyky [Integration processes in professional education: methodology, theory, methods]*. Lviv, View of the Lviv Polytechnic. (in Ukrainian).
- Kolesnikova, S.M. (2011). Intehratsiya yak dydaktychnyy zasib onovlennya zmistu osvity v pochatkovykh klasakh [Integration as a didactic tool for updating the content of education in primary school]. *Pedahohichnyy dyskurs – Pedagogical Discourse*, 9, 173-176. (in Ukrainian).
- Lazarev, M. I., Ruban, N. P. & Lazareva, T.A. (2009). *Teoretychni ta metodychni zasady kreatyvnoho navchannya studentiv tekhnichnykh dysyplin [Theoretical and methodological principals of creative learning for students from technical disciplines]*. Gorlivka: Lihtar. (in Ukrainian).
- Marusnets, M. M. (2006). Metodolohichni aspekty vdoskonalennya zmistu vyshchoyi pedahohichnoyi osvity [Methodological aspects for improving the content of higher pedagogical education]. *Pedahohika – Pedagogics*, 9, 248-253. (in Ukrainian).
- Prasolov, V. V. (2007). *Zadachi po algebre, arifmetike i analizu [Problems in algebra, arithmetic and analysis]*. MTsNPO. (in Russian).
- Strakh, O. & Lukashova, T. (2021). Mizhdysyplinarni zviazky pry vyvchenni deiakykh tem diskretnoi matematyky ta dyferetsialnykh rivnyan [Interdisciplinary connections in the study of some topics of discrete mathematics and differential equations]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3 (29), 112–118. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-017>. (in Ukrainian).
- Ushakov, R.P. (2006). *Znakhodzhennya skinchennykh sum [Finding finite amounts]*. Osnova. (in Ukrainian).
- Chkhalo, O. M. (2018). Zastosuvannya tekhnolohiyi BYOD v osviti omu protsesi analitichnoyi khimiyi [Emplementation BYOD technology in the educational process of analytical chemistry]. *Kompyuter u shkoli ta simiyi – Computer at school and in family*, 3, 10-16. (in Ukrainian).
- Yadrenko, M.Y. (2004). *Discrete Mathematics [Diskretna matematyka]*. "TViMS". (in Ukrainian).
- Bass, H., & Ball, D. L. (2018). Review of does mathematical study develop logical thinking? Testing the theory of formal discipline. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 4(3), 442-447. <https://doi.org/10.1007/s40753-018-0076-7>.
- Borko, H., Koellner, K., & Jacobs, J. (2014). Examining novice teacher leaders' facilitation of mathematics professional development. *Journal of Mathematical Behavior*, 33, 149–167.
- Cancino, C. A., Merigó, J. M., & Coronado, F. C. (2017). A bibliometric analysis of leading universities in innovation research. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(3), 106-124. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.03.006>.
- Das, K. (2019). Role of ICT for Better Mathematics Teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7 (4), 9-28.
- Drijvers, P., Grauw, S. & Trouche, L. (2020). When bibliometrics met mathematics education research: the case of instrumental orchestration. *International Journal on Mathematics Education*, 52, 1455-1469. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01169-3>.
- Drushlyak, M.G., Semenikhina, O.V., Proshkin, V. V., Kharchenko, S.Ya., & Lukashova, T.D. (2020). Methodology of formation of modeling skills based on a constructive approach (on the example of GeoGebra). *CTE 2020 Cloud Technologies in Education 2020: Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*. Kryvyi Rih, Ukraine.
- Fedorenko, O. H., & Botuzova, Yu. V. (2020). Experience of using ICT tools for teaching mathematical analysis of future teachers of mathematics. *Information Technologies and Teaching Aids*, 75 (1), 153–169. <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.2530>.
- Forgasz, H. (2006). Teachers, equity, and computers for secondary mathematics learning. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9, 437–469. <https://doi.org/10.1007/s10857-006-9014-8>.
- Gallagher, M. A., Parsons, S. A. & Vaughn M. (2022) Adaptive teaching in mathematics: a review of the literature. *Educational Review*, 74(2), 298-320, <https://doi.org/10.1080/00131911.2020.1722065>.
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F-L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Mathematics and Science Education*, 15, 105-123. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>.
- Jacobs, J., Seago, N., & Koellner, K. (2017). Preparing facilitators to use and adapt mathematics professional development materials productively. *International Journal of STEM Education*, 4, 30. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0089-9>.
- Inglis, M., & Foster, C. (2018). Five decades of mathematics education research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 462-500. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.49.4.0462>.
- Koellner, K., & Jacobs, J. (2015). Distinguishing models of professional development: the case of an adaptive model's impact on teachers' knowledge, instruction, and student achievement. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 51– 67.
- Lesseig, K., Elliott, R., Kazemi, E., Kelley-Petersen, M., Campbell, M., Mumme, J., & Carroll, C. (2016). Leader noticing of facilitation in videocases of mathematics professional development. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10857-016-9346-y/fulltext.html>
- Schoenfeld, A. H. (2016). Research in mathematics education. *Review of Research in Education*, 40(1), 497-528. <https://doi.org/10.3102/0091732X16658650>
- Shen, C., & Ho, J. (2020). Technology-enhanced learning in higher education: A bibliometric analysis with latent semantic approach. *Computers in Human Behavior*, 104, 106177. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106177>.



Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Виходить з 2013.



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

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2022-034-2-010

УДК 37.091.2:004.7

СОЦІАЛЬНІ СЕРВІСИ ЯК МАЙДАНЧИК ДЛЯ СУПРОВОДУ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ І НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ

Артем ЮРЧЕНКО ✉

Сумський державний педагогічний університет
 імені А. С. Макаренка, Суми, Україна
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

Павло МУЛЕСА

Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна
pavlo.mulesa@uzhnu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3437-8082>

Василь ЛОБОДА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А. С. Макаренка, Суми, Україна
v.loboda@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2290-6738>

Марія ОСТРОГА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А. С. Макаренка, Суми, Україна
mariia.ostroha@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-0044-8801>

SOCIAL SERVICES AS A PLAYGROUND FOR SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS AND TEACHING COMPUTER SCIENCE

Artem YURCHENKO ✉

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

Pavlo MULESA

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
pavlo.mulesa@uzhnu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3437-8082>

Vasily LOBODA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
v.loboda@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2290-6738>

Mariia OSTROHA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
mariia.ostroha@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0003-0044-8801>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Активний розвиток інформаційного суспільства, інформаційних технологій і засобів зумовив появу віртуальних соціальних мереж, які стали середовищем масової комунікації підлітків. Популяризація соціальних сервісів породжує ідею використання такого майданчика в освітніх цілях. Проте, не зважаючи на велику кількість досліджень, що вказують на великий потенціал використання соціальних сервісів в освіті, немає спільної думки щодо такого використання. З одного боку, соціальні мережі носять розважальний характер, і завдання вчителя – вивести учнів із даного простору й направити на інші медіа й запропонувати інші види діяльності. З іншого боку, відвідування соціальних мереж слід зробити максимально конструктивним для посилення мотивації до навчання, підвищення інтересу учнів до навчання.

Матеріали і методи. Для виконання дослідження використано теоретичні методи наукового пізнання (контент-аналіз ресурсів мережі Інтернет; теоретичний аналіз та узагальнення закордонних наукових розвідок в галузі освіти та в галузі використання соціальних мереж для галузі освіти в Україні).

Результати. У статті подано короткий огляд соціальних сервісів як майданчиків для супроводу навчання інформатики. Показано, що використання освітньої мережі «Щоденник.юа» є вдалою заміною друкованої шкільної документації. Ресурс e-schools є інтегрованою системою електронних щоденників і журналів, тому використання його є актуальним для закладів освіти. Освітній проєкт «На урок» виступає інструментом для підтримки вивчення різних предметів у школі. З освітньою метою проведено контент-аналіз матеріалів відеохостингу YouTube на наявність відеозаписів з навчання інформатики. Визначено найбільш популярні ресурси за ключовими словами «програмування», «комп'ютерна графіка», а також коротко описано групи у Facebook, які орієнтовані на навчання інформатики за українськими шкільними програмами.

Висновки. Проведений аналіз соціальних сервісів дозволяє стверджувати, що на сьогоднішній день вони є невідомим атрибутом навчання у школі. Соціальні мережі часто є джерелом

ABSTRACT

Formulation of the problem. The active development of the information society, information technologies and tools has led to the emergence of virtual social networks, which have become an environment for mass communication of adolescents. The popularization of social services gives rise to the idea of using such a platform for educational purposes. However, despite the large number of studies indicating the great potential for the use of social services in education, there is no consensus on such use. On the one hand, social networks are entertaining, and the teacher's task is to take students out of this space and direct them to other media and offer other activities. On the other hand, visiting social networks should be as constructive as possible to increase motivation to learn, and increase students' interest in learning.

Materials and methods. The study used theoretical methods of scientific knowledge (content analysis of Internet resources; theoretical analysis and generalization of foreign scientific research in the field of education and in the use of social networks for education in Ukraine).

Results. The article provides a brief overview of social services as platforms for accompanying computer science training. It is shown that the use of the educational network "Diary.ua" is a successful replacement for printed school documents. The "e-schools" resource is an integrated system of electronic diaries and journals, so its use is relevant for educational institutions. The "On Lesson" educational project is a tool to support the study of various subjects at school. For educational purposes, a content analysis of YouTube video hosting materials for the availability of videos on teaching computer science. The most popular resources for the keywords "programming", and "computer graphics" were identified, as well as a brief description of Facebook groups focused on teaching computer science in Ukrainian school curricula.

Conclusions. The analysis of social services allows us to state that today they are an integral attribute of schooling. Social networks are often a source of educational resources, including in teaching computer science, so it is worth using their potential for the intellectual development of students and involving young people in various educational activities (research projects, conferences, or competitions of various levels, educational and

Для цитування:

Юрченко А., Мулеса П., Лобода В., Острога М. Соціальні сервіси як майданчик для супроводу освітнього процесу і навчання інформатики. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 34. № 2. С. 63-70. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-034-2-010
 Юрченко, А., Мулеса, П., Лобода, В., & Острога, М. (2022). Соціальні сервіси як майданчик для супроводу освітнього процесу і навчання інформатики. *Фізико-математична освіта*, 34(2), 63-70. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-010>

For citation:

Yurchenko, A., Mulesa, P., Loboda, V., & Ostroha, M. (2022). Social services as a playground for support of the educational process and teaching computer science. *Physical and Mathematical Education*, 34(2), 63-70. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-010>
 Yurchenko, A., Mulesa, P., Loboda, V., & Ostroha, M. (2022). Sotsialni servisy yak maidanchyk dlia suprovodu osvitnoho protsesu i navchannia informatyky [Social services as a playground for support of the educational process and teaching computer science]. *Fiziko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 34(2), 63-70. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-034-2-010>

✉ Corresponding author

© A. Yurchenko, P. Mulesa, V. Loboda, M. Ostroha, 2022

освітніх ресурсів, у т.ч. в навчанні інформатики, тому варто використовувати їхній потенціал для інтелектуального розвитку учнів та залучення молоді до різноманітних освітніх активностей (науково-дослідних проєктів, конференцій чи конкурсів різного рівня, навчальних та соціально-культурних заходів). Перспективними науковими розвідками вбачається розроблення методик навчання окремих тем шкільного курсу інформатики з використанням різних соціальних мереж.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: соціальні сервіси; освітній майданчик; освітній процес; супровід освітнього процесу; навчання інформатики.

socio-cultural events). Promising scientific research is the development of methods for teaching certain topics in the school course of computer science using various social networks.

KEYWORDS: social services; educational platform; educational process; support of educational process; computer science training.

ВСТУП

Постановка проблеми. Через активний розвиток інформаційного суспільства констатовано посилення ролі інформації, знань та технологій. Прослідковується високий рівень інформатизації усіх сфер суспільства завдяки появі технологічних пристроїв, стабільній роботі глобального інформаційного простору та високому попиту на доступ до мережі Інтернет. В умовах розвитку інформаційного суспільства стає природньою трансформація освіти, запит на яку є відчутним і пов'язується з розвитком технологічного укладу від технологій Web 2.0 до технологій Web 3.0 і Web 4.0, де користувачі соціальних мереж орієнтуються на різний, у т.ч. й освітній контент, а також Інтернет речей. І хоча соціальні мережі дедалі більше наповнюються освітнім контентом, проте через розвиток інформаційного суспільства та технологій у ньому й досі залишається актуальним аналіз використання соціальних мереж в освітньому процесі.

Аналіз актуальних досліджень. Протягом довгого часу дослідники підкреслюють, що використання віртуальних соціальних мереж в освітньому процесі сприятливо позначиться на якості освіти.

B. Nikolovski, V. Kokolanski, Ju. Achkoski, M. Dojcinovski під соціальними мережами розуміють, з чим ми погоджуємося, мережеві веб-сервіси, які дозволяють користувачам створювати загальнодоступні або напівпублічні профілі, які, по-перше, призначені для спілкування та обміну даними, а по-друге, забезпечують моніторинг діяльності користувачів, які перебувають у мережі, полегшуючи моніторинг освітньої діяльності (Kokolanski et al., 2013).

A. Bozkurt, A. Karadeniz, M. Okur подібним чином характеризують соціальні мережі – це набір додатків, які розширюють групові взаємодії та спільні простори для співпраці, соціальні зв'язки та обмін інформацією у веб-середовищі. Автори говорять про соціальні мережі як персоналізовані простори для онлайн-бесід і обміну контентом, які зазвичай базуються на підтримці та обміні «профілями» з особистою або затребуваною інформацією тощо. (Bozkurt et al., 2015).

Науковці Г. Сотська, Н. Пазюра та О. Тринус зазначають, що соціальні мережі все більше використовуються вчителями та студентами для формальних (навчання) та неформальних (персональне спілкування) цілей. На думку авторів, досвідчений учитель може перетворити соціальні мережі в ефективний інструмент праці, тому що основна мета його діяльності – це заохочення до навчання. Автори вважають, що завдяки соціальним мережам учитель може активізувати студентів у процесі їх навчання, створити ситуації для кращого розуміння та засвоєння матеріалу (Sotska et al., 2018).

А. Крижановський (2020) розрізняє чотири основні типи соціальних мереж: професійні соціальні мережі, які створювалися для шукачів та роботодавців, система рекомендацій, репутації та прозорості кар'єрного досвіду в дії (linkedin.com, moikrug.ua, pro2.com); блог-мережі (Livejournal.com, blogspot.com); сайти знайомств (mambo.ua, loveplanet.ua); сайти для пошуку людей, які навчалися в одному навчальному закладі (facebook.com). Але окрім цих автор зазначає і про соціальні мережі, які більш притаманні для використання в освітньому процесі. Зокрема, українська вільна і незалежна соціальна мережа, яка надає зручні та зрозумілі інструменти для знайомства, спілкування, розваг, самоосвіти, організації груп спільних інтересів і захоплень, тощо (y-monitora.com); портал для обміну матеріалами українською мовою (hurtom.com); українська мережа для учнів та студентів (pablik.in); Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» (naurok.com.ua); Національна освітня платформа «Всеосвіта» (vseosvita.ua) тощо.

А. Черненко (2019) зазначає, що у сучасному світі вже неможливо викладати дисципліни традиційно, тому соціальні мережі у навчанні надають можливість додаткового обговорення, консультування, спілкування з кількома групами студентів водночас. Використання соціальних мереж для навчання студентів надає змогу постійно слідкувати за виконанням завдань, що дозволяє налагодити оптимальну співпрацю між викладачем і студентом.

До переваг використання соціальних сервісів для взаємозв'язку учителя та учнів О. Слободяник відносить такі: можливість вирішувати важливі питання безпосередньо з учителем у комфортних для учнів умовах, без зовнішнього тиску; можливість створювати особистий навчальний контент (як учень, так і вчитель); створення власних каталогів відео- та аудіо файлів; розширені перспективи спілкування з однолітками в соціальних групах; можливість бути постійно в курсі новин через підписку на оновлення соціальних груп тощо (Слободяник, 2016).

Т. Bateman (2021) у своїй роботі досліджував вплив соціальних мереж на освітній процес студентів. Зокрема, науковець зазначає, що соціальні сервіси допомагають вирішити завдання задоволення попиту студентів на можливості онлайн-освіти, підтримуючи навчальну програму, яка веде до отримання наукового ступеня. Академічні соціальні сервіси забезпечують спільне спілкування студентів з викладачами в часі та просторі.

Е. Maziriri, P. Gara та Т. Chuchu наголошують на позитивному впливі соціальних онлайн-сервісів під час навчання у закладах вищої освіти. Зокрема, науковцями було аргументовано, що використання відеохостингу YouTube у офіційному навчальному середовищі позитивно сприймається усіма суб'єктами навчання (Maziriri et al., 2020).

Д. Liu та J. Luo (2021) розкривають мотивацію участі студентів в перегляді відео на сервісі YouTube як додатковому навчальному ресурсі під час пандемії COVID-19. За результатами дослідження було визначено, що на позитивний вплив сервісу YouTube суттєво вплинули легкість його використання, усвідомлена корисність, багатство контенту, задоволеність користувачів сервісом і самоефективність.

R. Salas-Rueda, F. Gamboa-Rodriguez та інші вважають, що соціальні мережі змінюють взаємодію між студентами, викладачем та змістом курсів у 21 столітті. Автори використовують Facebook для здійснення різноманітних заходів до (консультація аудіовізуального контенту), під час (огляд освітніх заходів) та після (спілкування між учасниками) особистої сесії. Результати досліджень свідчать, що заклади освіти мають можливість оновлювати діяльність всередині класу та поза ним за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій (Salas-Rueda et al., 2020).

Проте, слід зазначити, що включення до системи освіти соціальних мереж має здійснюватися комплексно з урахуванням навчальної, виховної, методичної та управлінської сфер, а тому актуальним стає аналіз соціальних мереж і сервісів для їх подальшого виваженого використання в галузі освіти.

Мета статті: подати аналіз соціальних сервісів для супроводу освітнього процесу в українських закладах освіти в контексті навчання інформатики в українських закладах освіти.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для виконання дослідження використано теоретичні методи наукового пізнання (контент-аналіз ресурсів мережі Інтернет; теоретичний аналіз та узагальнення закордонних наукових розвідок в галузі освіти та в галузі використання соціальних мереж для галузі освіти в Україні).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нижче наведемо приклади спеціалізованих соціальних сервісів освітнього спрямування.

Щоденник.ua (<http://shodennik.ua/>). Дане електронне середовище створено для вчителів, учнів та їхніх батьків для модернізації та автоматизації освітнього процесу і впровадження інформаційних технологій в ЗЗСО. Даний проєкт підтримується Міністерством освіти і науки України та Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти, регіональних адміністрацій, управлінь освіти, завдяки чому викликає довіру у педагогів.

Розробники електронного середовища зазначають, що важливою перевагою проєкта «Щоденник.ua» є повна гарантія безпеки, зберігання та використання усіх даних освітніх закладів.

До інших переваг проєкта відносять:

- **Спілкування.** У електронному середовищі «Щоденник.ua» передбачені всі основні функції соціальних мереж, які адаптовані для використання в ЗЗСО.

- **Управління.** Розробники середовища намагались втілити найголовніші ідеї, щоб суб'єктам освіти, зокрема вчителям та учням, було просто і доступно керувати своїми даними в системі.

- **Безпека.** Ресурс орієнтований на безпеку даних користувачів та закладів освіти.

- **Доступність.** Ресурс «Щоденник.ua» доступний кожному учневі та вчителю, який має доступ до мережі Інтернет. Розробники вказують на основні складові доступності середовища.

- **Освіта.** Розроблений щоденник є інноваційним проєктом, який розвиває систему освіти з урахуванням сучасних Інтернет-технологій.

В проєкті передбачено різноманітні категорії, що спрощують освітній процес і зосереджують усі основні інструменти в одному місці, передбачуючи легкий та зрозумілий доступ до них. Серед складових, що надає ресурс виділяють.

E-schools (<https://e-schools.info/>). Ресурс надає закладам освіти України можливість автоматизувати шкільний документообіг, використовуючи сучасний сервіс електронних щоденників і журналів.

Проєкт e-schools працює в галузі надання інформаційних послуг Україні більше п'яти років. На сервісі можна безкоштовно створювати сайти для всіх закладів освіти України. Автори проєкту зазначають, що в сучасних реаліях життя, у кожної людини повинна бути можливість повноцінно працювати в мережі, швидко та безпечно отримувати доступ до будь-якої інформації. Тому за метою проєкту є надання можливості працювати онлайн всім закладам освіти без обмежень. На платформі школа отримує повноцінний сайт та електронні журнали, а батьки та учні – миттєвий доступ до щоденників, новин та спілкування між собою.

На платформі e-schools можна не лише створити сайт закладу, а й розмістити інформацію про навчальний заклад, сформувати повноцінний архів документів, навчальних матеріалів та фотографій. Кожен користувач має особистий кабінет з відповідними правами доступу до контенту сайту, вся приватна інформація про користувачів надійно захищена. За допомогою смартфона, ПК або на планшеті зручно та своєчасно можна переглядати оцінки, домашні завдання, новини шкільного життя тощо.

Інформація на сайті може надаватися в різному вигляді: електронний журнал, щоденник, таблиця успішності учнів, графіки успішності за кожним класом і учнем, звіти для вчителя після закінчення навчального періоду.

Ресурс e-schools є інтегрованою новітньою системою електронних щоденників і журналів, тому використання його є актуальним для закладів освіти.

Освітній проєкт «На урок» (<https://naurok.com.ua/>).

Проєкт «На урок» є результатом роботи групи однодумців, які поставили собі за мету об'єктивно висвітлювати сучасний освітній процес та вивести його на якісно новий рівень.

Розробники прагнуть допомогти педагогам відчувати власну значимість, адже кожен вчитель у рамках проєкту зможе оприлюднити власні професійні доробки або ж використати напрацювання колег.

На порталі розміщена велика кількість корисних теоретичних та практичних матеріалів для закладів освіти, зокрема, онлайн-тестування, вебіари для вчителів, інтернет-конференції та інтенсиви.

Одним із важливих напрямів роботи проєкту є організація підвищення кваліфікації вчителів-предметників та інших працівників закладів освіти.

На платформі «На урок» проводяться різноманітні Всеукраїнські конкурси та олімпіади для учнів з різних предметів та для різних класів – з початкової до старшої школи. Учителю надається можливість зареєструвати свій клас, додати учнів

та слідкувати за їхніми успіхами з особистого кабінету. Кожен учень має можливість або зареєструватися самостійно і працювати на платформі, або ж зареєструватися за допомогою спеціального коду, який буде надано вчителем під час додавання учня у створений вчителем клас.

З освітньою метою нами було проведено контент-аналіз матеріалів відеохостингу YouTube на наявність каналів та відеозаписів з навчання інформатики.

Набираючи слово «програмування» в адресному рядку сервісу YouTube, можна переконатися, що такий запит є досить поширеним (рис. 1, табл. 1)).

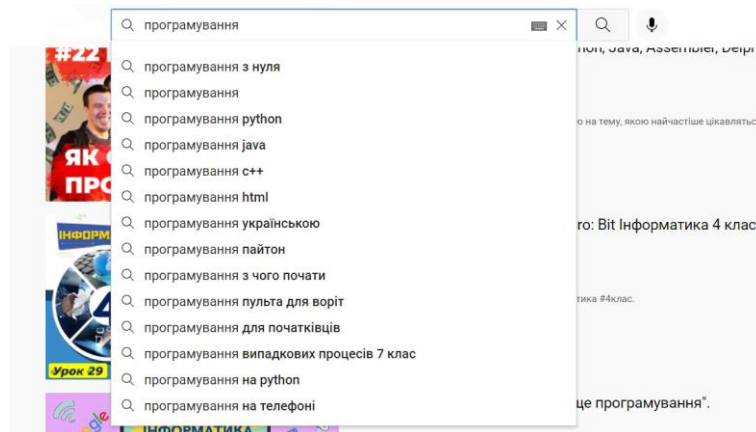


Рис. 1. Запит «програмування» на YouTube

Таблиця 1

Перша десятка пошуку за словом «програмування» на YouTube

№	Назва відео	Канал / автор
1.	Урок 1. Вступ до програмування. Основи Frontend	Logos IT Academy
2.	Починаємо ПРОГРАМУВАТИ: Python, Java, Assembler, Delphi!	Dima Maleev
3.	Основи Програмування -#1- Логіка. Алгоритми.	loftblog
4.	Інформатика, 4 клас: "Середовище програмування"	Анастасія Олександрівна
5.	Які існують мови програмування, та як обрати?	Logos IT Academy
6.	Урок 1.Я хочу навчитись програмувати. Мова програмування C++	Man Super
7.	Топ 5 мов програмування в 2021 / Які мови програмування треба вчити в 2021 айтішнику	ITshnik
8.	Інформатика, 2 клас. Середовище програмування Скретч	Наталья Кушниренко
9.	Яку мову програмування вчити? Що вчити новачку? 2021	Vlad Holod
10.	Програмування для новачків	Дія.Цифрова Освіта

За розмаїттям каналів з відео про аспекти програмування засвідчуємо, що навчальні відеозаписи пропонуються як з особистих каналів людей, так і каналів ІТ-компаній.

Розглянемо деякі канали для вивчення програмування на відеосервісі YouTube.

«Програмування Українською» (рис. 2) (<https://www.youtube.com/channel/UCVPUBVRgRBIZKuD3MOKVPMw>).

На каналі наявні уроки українською мовою з тем: Python з нуля (25 відео), PHP Швидкий старт з нуля (18 відео), JavaScript з абсолютного нуля (3 відео). Усі відеозаписи представляють собою відеоуроки, де відображено відеозапис екрану автора із коментуванням.

Даний канал буде цікавим старшокласникам, котрі вчать мову Python на уроках інформатики у розділі «Мова програмування та структури даних» профільного рівня.

Канал «Stemvar – школа програмування та математики» (рис. 3) (<https://www.youtube.com/channel/UCz5dQvvyoiPUxwIEg7P5bdg>)

ПРОГРАМУВАННЯ УКРАЇНСЬКОЮ

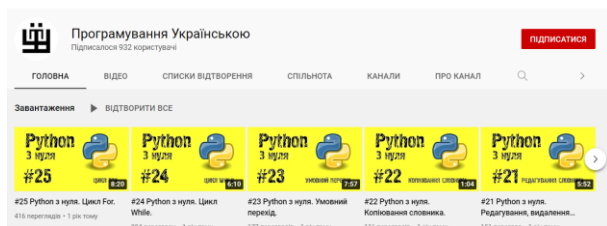


Рис. 2. Канал «Програмування Українською»

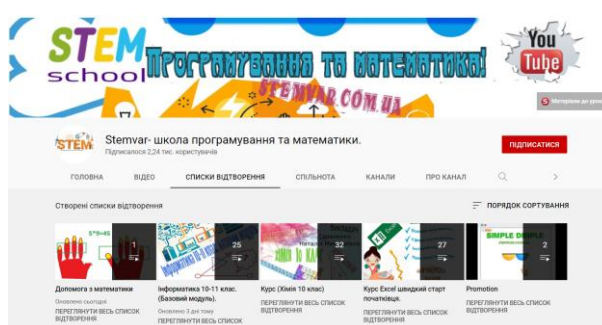


Рис. 3. Сторінка із списками відтворення каналу

Даний канал ще є порівняно новий – створений він весною 2021, але за цей час на нього підписано майже три тисячі користувачів, а сам канал був переглянутий майже 57 тис. разів.

Канал є відображенням онлайн-школи з програмування та інших галузей stemvar.com.ua, яка безкоштовно надає можливість вивчати математику та базові принципи побудови алгоритмів, розвинути логіку та навчитися програмувати.

На каналі «Stemvar – школа програмування та математики» наявні 25 уроків базового модуля інформатики для 10-11 класів, 27 уроків з вивчення табличного процесора Excel та 57 уроків з вивчення програмування мовою Scratch. Відео з програмування середньої тривалості 25-35 хвилин кожне. Уроки проводить фахівець школи програмування, пояснюючи матеріал та демонструючи все на комп'ютері.

Канал «Віртуальна Академія» (рис. 4) (<https://www.youtube.com/c/VirtuAka/featured>). Віртуальна Академія створена для поширення україномовних навчальних відео різних категорій, зокрема в галузі інформаційних технологій.

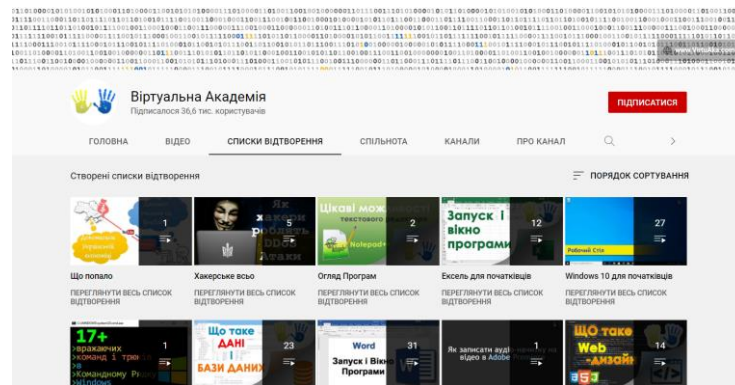


Рис. 4. Сторінка із списками відтворення каналу

За 5 років існування на канал підписано 36,6 тис. користувачів і завантажено понад 200 відео. Усі відео поділені на плейлисти: огляд програм (2 відео), Excel для початківців (12 відео), Windows 10 для початківців (27 відео), Базы даних (23 відео), Word для початківців (31 відео), Основи веб-дизайну та веб-розробки (14 відео), Комп'ютерні штучки (9 відео), Програмування на Java (85 відео) та інші. Саме програмуванням мовою Java є цікавим. Усі відеоуроки зроблено зрозуміло, матеріал викладається доступно, просто. Окрім озвучки та демонстрації відео супроводжуються текстовими коментарями, які подані відразу на відеозаписі, що чудово сприймається користувачами, оскільки вони окрім голосу вчителя акцентують увагу на тексті поданому на екрані.

Є інші, не менш цікаві канали з вивчення програмування як шкільного курсу інформатики, так і програмування для професіоналів. Серед таких каналів відзначимо:

«Blogan Programming» – вивчення мов C++ та C# (<https://www.youtube.com/c/BloganProgramming>);

«Logos IT Academy» – вивчення мов Python та Java (<https://www.youtube.com/c/КомпютерніКурсиЛорос>);

«Пиксель - школа программирования для детей» – розглядаються мови програмування Python, C#, Java, JavaScript, Scratch (<https://www.youtube.com/c/clubpixel/>);

«Learn Programming Together» – канал, що спеціалізується на веб-програмуванні та програмуванні Android-додатків (<https://www.youtube.com/c/LearnProgrammingTogether/>) та інші.

Проаналізуємо вивчення комп'ютерної графіки та програмних засобів для її створення на просторах відеосервісу YouTube.

На початку знову розглянемо запити користувачів при пошуку комп'ютерної графіки (рис. 5).

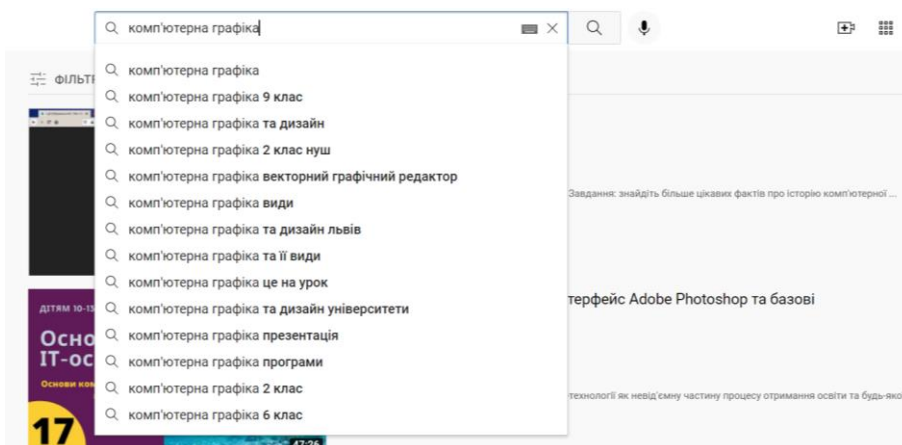


Рис. 5. Запит «комп'ютерна графіка» на YouTube

Бачимо, що більшість запитів пов'язано зі шкільним курсом інформатики.

Наведемо першу десятку відео, які видає сервіс при пошуку за ключовим словом «комп'ютерна графіка» (табл. 2).

Таблиця 2

Перша десятка пошуку «комп'ютерна графіка»

№	Назва відео	Канал / автор
1.	Комп'ютерна графіка. Вступ	Доступно і зрозуміло
2.	Основи комп'ютерної графіки: Інтерфейс Adobe Photoshop та базові можливості	Навчаємося Разом
3.	Комп'ютерна графіка	Valeria
4.	Основи комп'ютерної графіки: Знайомство з базовими можливостями редактору векторної графіки - 1	Навчаємося Разом
5.	Що таке комп'ютерна графіка (cut) ВНТУ	Відеогалерея ВНТУ
6.	Вебінар: "Комп'ютерна графіка"	Освітній центр Software and Computer Museum
7.	6 клас Поняття комп'ютерної графіки 1 урок	Павло Зінченко
8.	6 клас. Інформатика. Комп'ютерна графіка: растрова, векторна та фрактальна	Інформатика
9.	Інформаційні технології-. Комп'ютерна графіка	Kujawsko-Pomorska e-Szkoła
10.	Поняття комп'ютерної графіки Растрова графіка	Инесса Сенченко

Більшість знайдених відео зорієнтовані на школу.

Розглянемо деякі канали для вивчення комп'ютерної графіки на відеосервісі YouTube.

Канал «Комп'ютерна графіка для школярів» (рис.6) (<https://www.youtube.com/channel/UCRX51-eiq3cSw1BvJsW8aEQ>) пропонує відеоуроки з вивчення процесу створення та редагування графічних зображень у вільнопоширюваному ПЗ Inkscape та GIMP. Саме ці програми рекомендуються для вивчення в школі растрової та векторної графіки, тому канал буде корисним для учнів, які саме вивчають дані ПЗ.

Канал «Pixel – школа анімації та малювання» (рис. 7) (<https://www.youtube.com/c/pixelone>) спеціалізується відразу на декількох професійних графічних редакторах, а саме, передбачені відеоуроки з малювання в Procreate (3 відео), Adobe Photoshop (116 відео), Adobe Illustrator (111 відео), створення анімацій в After Effects (104 відео) та уроки малювання аквареллю (8 відео).

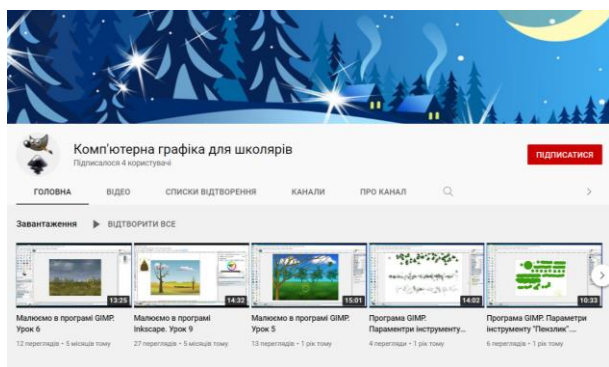


Рис. 6. Канал «Комп'ютерна графіка для школярів»

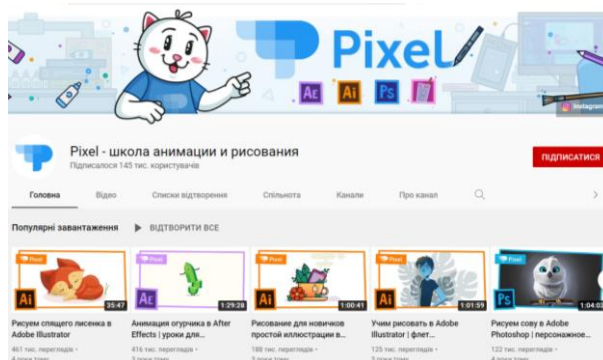


Рис. 7. Канал «Pixel – школа анімації та малювання»

Окрім зазначених можна виділити і наступні канали для вивчення комп'ютерної графіки: «ARHI.TEACH_школа комп'ютерної графіки» та «3D Computer Graphics» – спеціалізуються на тривимірній графіці (<https://www.youtube.com/c/ArhiTeach>, <https://www.youtube.com/channel/UCvvdyrQV32NDtpac5SjA9A>), «Computer Graphics and Animation Tutorials» – вивчаються програми Illustration, CorelDraw, 3DS MAX, Photoshop.

На сторінках Facebook можна знайти велику кількість груп з вивченні інформатики в ЗЗСО.

«Я досліджую світ з інформатикою» (рис. 8) (<https://www.facebook.com/YadsOrion/>).

Сторінка більшою мірою містить методичні рекомендації та матеріали для успішного навчання предмету «Я досліджую світ», але зроблений акцент саме на інформатиці початкових класів. На сторінці можна знайти підручники з інформатики, робочі зошити, «ключі» до завдань, тематичні планування, інформацію про вебінари та конференції, які проводяться для вчителів інформатики початкових класів тощо.

«Завдання з інформатики» (<https://www.facebook.com/infoschool42316/>) (рис. 9).

Сторінка наповнена цікавою та корисною інформацією для дітей та дорослих. Тут можна знайти презентації до уроків, онлайн тести з різних тем, відеоуроки та методичні розробки вчителів інформатики.

«Програмування в школі» (<https://www.facebook.com/proginschool/>) (рис. 10) – сторінка сумського вчителя інформатики, яка присвячена вивченню програмування за курсом ЗЗСО. На ній розміщено відеоуроки, новини із галузі інформатики та ІТ, методичні розробки вчителя, цікаві завдання для закріплення знань з програмування, інтерактивні довідники та програмні модулі для навчання інформатики.

«Практикум програмування Python / C на e-olymp.com» (рис. 11) (<https://www.facebook.com/Практикум-програмування-Python-C-на-e-olympcom-108894227195718/>).

Сторінка більшою мірою зорієнтована на олімпіадні завдання з програмування. На сторінці можна написати про труднощі при виконанні певної задачі як адміністратору, так і іншим учасникам групи, вони обов'язково допоможуть знайти правильне рішення.

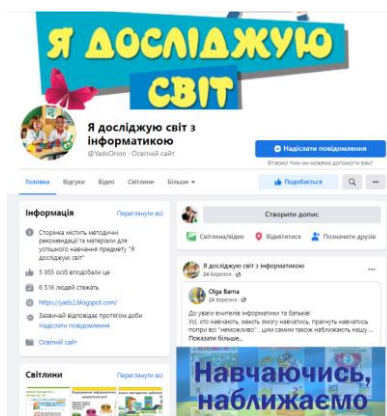


Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10

Група «Інформатика та інформаційні технології в школі» (<https://www.facebook.com/groups/533574416779175/>) (рис. 12) – загальнодоступна група, яка створена з метою обміну досвідом у галузі використання інформаційних технологій в освітньому процесі ЗЗСО.

У навчально-методичній копії групи можна знайти поради до вивчення тієї чи іншої теми, розробки уроків та матеріали для них, цікаві відео з інформатики. Деякі вчителі пропонують придбати розробки своїх уроків (конспекти та лабораторні роботи).

Група «Шкільна інформатика від А до Я» (рис. 13) (<https://www.facebook.com/groups/213244579490153/>).

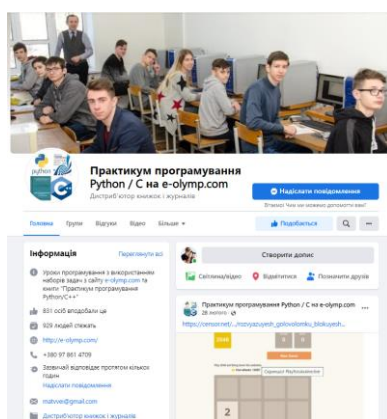


Рис. 11



Рис. 12

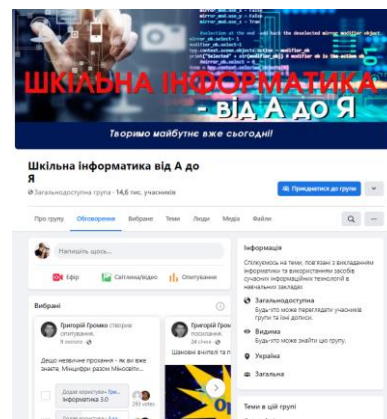


Рис. 13

Група позиціонує себе не тільки як платформа для публікування навчальних та методичних розробок до уроків, а й як дискусійне місце, де кожен, і учень і учитель, може ставити запитання, виразити свої думки щодо деяких питань навчання, обговорювати різноманітні теми тощо. У групі зроблено акцент на спілкуванні користувачів у контексті шкільного курсу інформатики.

Окрім зазначених сторінок і груп на Facebook розміщено й інші ресурси для підтримки навчання інформатики, зокрема, «Кабінет інформатики» (<https://www.facebook.com/groups/informkab/>), де зібрано різноманітні розробки для кабінету інформатики; «Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах» (<https://www.facebook.com/informaticsmagazine/>) – науково-методичний журнал, що пропонує свої напрацювання для вчителів інформатики та їх учнів; «STEAM-інформатика» (<https://www.facebook.com/steam.informatica/>) – сторінка, що пропонує матеріали з інноваційним підходом до вивчення інформатики в школах, та інші.

ВИСНОВКИ

Сьогодні існує значна кількість робіт, які розкривають освітній потенціал соціальних мереж. Дослідники описують конкретні способи та методи взаємодії через мережу в освітньому процесі.

Сьогодні вчителі використовують віртуальні соціальні мережі з метою: комунікації з учнями, батьками та колегами з робочих питань (домашнє завдання, джерела інформації для вивчення, приймаються результати завдань, консультації); пошуку додаткових матеріалів для уроків; дистанційне навчання під час додаткових консультацій; використання соціальних мереж як додаткових інструментів під час інтерактивних уроків. На освітніх ресурсах з'являються розробки уроків із використанням соціальних мереж.

Визначено найбільш популярні ресурси за ключовими словами «програмування», «комп'ютерна графіка», а також коротко описано групи у Facebook, які орієнтовані на навчання інформатики за українськими шкільними програмами.

Оскільки соціальні мережі є джерелом освітніх ресурсів, у т.ч. в навчанні інформатики, тому варто використовувати їхній потенціал для інтелектуального розвитку учнів та залучення молоді до різноманітних освітніх активностей (науково-дослідних проєктів, конференцій чи конкурсів різного рівня, навчальних та соціально-культурних заходів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bateman, T. (2021). Using academic social networks to enhance the student experience in online education. *Online Learning*, 25(4), 295-323. <https://doi.org/10.24059/olj.v25i4.2532>.
2. Bozkurt, A., Karadeniz, A., & Okur, M.R. (2015). Online Social Networks As Communication And Learning Environments: Post-Graduate Students' Attitudes And Preferences, *Edulearn PROCEEDINGS*, 4686-4694.
3. Kokolanski, V., Achkoski, Ju., & Dojcinovski, M. (2013). Breach of Personal Security through Applicative use of Online Social Networks, *TEM Journal*, 2(4), 291-296.
4. Liu, D., & Luo, J. (2021). College Learning From Classrooms to the Internet: Adoption of the YouTube as Supplementary Tool in COVID-19 Pandemic Environment. *Education and Urban Society*. <https://doi.org/10.1177/00131245211062516>
5. Lozano Díaz, A., González Moreno, J., & Cuenca Piqueras, C. (2020). Youtube como recursos didáctica en la Universidad. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 9(2), 159-180. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i2.12051>.
6. Maziriri, E. T., Gapa, P., & Chuchu, T. (2020). Student Perceptions Towards the use of YouTube as An Educational Tool for Learning and Tutorials. *International Journal of Instruction*, 13(2), 119-138. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.1329a>
7. Salas-Rueda, Ricardo-Adán & Gamboa-Rodríguez, Fernando & Salas-Rueda, Érika-Patricia & Castañeda-Martínez, Ricardo & Ramírez Ortega, Jesús & Salas-Rueda, Rodrigo-David & Acosta-Aguilera, Anna. (2020). *Effect Of Facebook In The Educational Process On Frequency*. 889-895. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.0318>.
8. Sotska, H. I., Paziura, N. V., & Trynus, O. V. (2018). The Use of Social Networks in the Process of Learning English as a Second Language. *Information Technologies and Learning Tools*, 63(1), 242–250. <https://doi.org/10.33407/itlt.v63i1.2033>
9. Крижановський, А.Є. (2020). Використання соціальних мереж у навчальному процесі ВНЗ. *Актуальні питання гуманітарних наук*, 31(3), 276-281.
10. Слободяник, О.В. (2016). Елементи методики використання соціальних мереж під час самостійної роботи з фізики. *Фізико-математична освіта*, 4(10), 131-134.
11. Черненко, А.В. (2019). Використання соціальних мереж для навчання студентів у закладах вищої освіти. *Теорія та методика навчання та виховання*, 46, 166–178. <https://doi.org/10.34142/23128046.2019.46.13>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bateman, T. (2021). Using academic social networks to enhance the student experience in online education. *Online Learning*, 25(4), 295-323. <https://doi.org/10.24059/olj.v25i4.2532>.
2. Bozkurt, A., Karadeniz, A., & Okur, M.R. (2015). Online Social Networks As Communication And Learning Environments: Post-Graduate Students' Attitudes And Preferences, *Edulearn PROCEEDINGS*, 4686-4694.
3. Kokolanski, V., Achkoski, Ju., & Dojcinovski, M. (2013). Breach of Personal Security through Applicative use of Online Social Networks, *TEM Journal*, 2(4), 291-296.
4. Liu, D., & Luo, J. (2021). College Learning From Classrooms to the Internet: Adoption of the YouTube as Supplementary Tool in COVID-19 Pandemic Environment. *Education and Urban Society*. <https://doi.org/10.1177/00131245211062516>
5. Lozano Díaz, A., González Moreno, J., & Cuenca Piqueras, C. (2020). Youtube como recursos didáctica en la Universidad. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 9(2), 159-180. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i2.12051>.
6. Maziriri, E. T., Gapa, P., & Chuchu, T. (2020). Student Perceptions Towards the use of YouTube as An Educational Tool for Learning and Tutorials. *International Journal of Instruction*, 13(2), 119-138. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.1329a>
7. Salas-Rueda, Ricardo-Adán & Gamboa-Rodríguez, Fernando & Salas-Rueda, Érika-Patricia & Castañeda-Martínez, Ricardo & Ramírez Ortega, Jesús & Salas-Rueda, Rodrigo-David & Acosta-Aguilera, Anna. (2020). *Effect Of Facebook In The Educational Process On Frequency*. 889-895. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.0318>.
8. Sotska, H. I., Paziura, N. V., & Trynus, O. V. (2018). The Use of Social Networks in the Process of Learning English as a Second Language. *Information Technologies and Learning Tools*, 63(1), 242–250. <https://doi.org/10.33407/itlt.v63i1.2033>
9. Kryzhanovsky, A.Ye. (2020). Vykorystannia sotsialnykh merezh u navchalnomu protsesi VNZ [The use of social networks in the educational process of higher education]. *Aktualni pytannia humanitarnykh nauk – Current issues of the humanities*, 31 (3), 276-281. (in Ukrainian).
10. Slobodyanyk, O.V. (2016). Elementy metodyky vykorystannia sotsialnykh merezh pid chas samostiinoi roboty z fizyky [Elements Of Methodology Of The Use Of Socialnetworks Are During Independent Work Physics]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 4(10), 131-134. (in Ukrainian).
11. Chernenko, A.V. (2019). Vykorystannia sotsial'nykh merezh dlya navchannya studentiv u zakladakh vyshchoyi osvity [Use of social networks for teaching students in higher education institutions]. *Teoriya ta metodyka navchannya ta vykhovannya – Theory and methods of teaching and education*, 46, 166–178. <https://doi.org/10.34142/23128046.2019.46.13>. (in Ukrainian).



АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Б	М
Балик Н.18	Мартинюк С. 18
Барна О.18	Мокрієв М. 12
В	Мулеса П. 63
Валько К. 7	О
Василенко Я.18	Олексюк В. 18
Волошина Т.12	Острога М. 63
Вороніна М.25	Р
Г	Рудницький С. 33
Глазунова О.12	С
Грод І.18	Савченко О. 7
Д	Семеніхіна О. 38
Деордіца Т.25	Т
Друзь Г.50	Толмачов В. 25
Друзь Ю.50	Тушев А. 43
Друшляк М.38	Ф
Дубовик В.33	Фурсенко Т. 50
Є	Ч
Епіфанова О.25	Чупордя В. 43
К	Ш
Корольчук В.12	Шищенко І. 55
Кузьмич В. 7	Ю
Кузьмич Л. 7	Юрченко А. 63
Кузьмінська О.12	
Л	
Лобода В.63	
Лукашова Т.55	

Наукове видання

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА

Науковий журнал

Key title: Fiziko-matematična osvita

Abbreviated key title: Fiz.-mat. osv.

Том 34, № 2

2022

Друкується в авторській редакції
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск

О.В. Семеніхіна

Комп'ютерна верстка

О.М. Удовиченко

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

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

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